

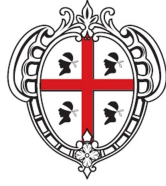
ORUNE Wind Srl

Parco Eolico ORUNE sito nel Comune di Orune

Relazione Tecnica

[Aprile 2023]

Regione Autonoma
della Sardegna



Comune di
Orune



Committente:

ORUNE Wind Srl

ORUNE Wind Srl
Via Sardegna, 40
00187 Roma
P.IVA/C.F. 15802491009

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico ORUNE sito nel Comune di
Orune**

Documento:

RELAZIONE TECNICA

N° Documento:

IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02



Studio di Ingegneria

Viale Trieste, 58
09037 San Gavino Monreale (SU)
Tel. +39 070 2352042
Mob. +39 347 1327339
e-mail: studio@sergiolai.com

Progettista:

Ing. Sergio Lai

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	04.04.2023	Prima emissione			

Sommario

1. Introduzione	4
1.1. Il Soggetto Proponente.....	4
2. Inquadramento territoriale	6
2.1. Localizzazione	6
3. Disponibilità delle aree	8
4. Caratteristiche generali del parco	8
4.1. Generalità	8
4.2. Descrizione sommaria delle opere da realizzare e programma lavori	10
5. Aerogeneratori in progetto	11
5.1. Caratteristiche tecniche.....	11
5.1.1. Sistema di protezione contro le scariche atmosferiche	12
5.1.2. Impianto terra	15
5.1.3. Verifiche e controlli	15
6. Opere civili	15
6.1. Viabilità.....	15
6.1.1. Adeguamento viabilità esistente	23
6.1.2. Viabilità di nuova realizzazione	24
6.2. Piazzole di montaggio	25
6.3. Fondazioni aerogeneratori	27
6.4. Aree di cantiere e di deposito dei materiali	29
7. Sequenza di montaggio degli aerogeneratori	30
8. Opere di mitigazione	32
9. Terre e rocce da scavo	34
10. Dismissione dell'impianto	35
10.1. Rimozione aerogeneratori e ripristino area piazzole e viabilità di servizio.....	35
10.2. Rimozione sottostazione elettrica e cavi elettrici	36
10.3. Costi di dismissione	36
11. Cronoprogramma dei lavori	36

RELAZIONE TECNICA

1. Introduzione

1.1. Il Soggetto Proponente

La Orune Wind Srl è una società a responsabilità limitata di proprietà di Wind Power Development A/S, controllata da Vestas Wind Systems A/S, operatore leader a livello mondiale nel settore della costruzione, installazione e manutenzione di turbine per la produzione di energia da fonte eolica.

Con più di 29.000 dipendenti e oltre 40 anni di esperienza nel settore eolico, Vestas ha installato ad oggi turbine eoliche in 86 paesi, per una capacità di 151 GW. In Italia, Vestas è presente con oltre 1000 dipendenti, dislocati tra gli uffici di Roma e Taranto, il sito produttivo di Taranto e 25 sedi tra il centro e il sud Italia dedicate all' Operation & Maintenance.

Vestas è attiva lungo l'intera catena del valore legata all'industria dell'energia eolica:

- Ricerca e sviluppo
- Pianificazione e progettazione
- Produzione di turbine eoliche
- Costruzione e installazione
- Esercizio e Manutenzione

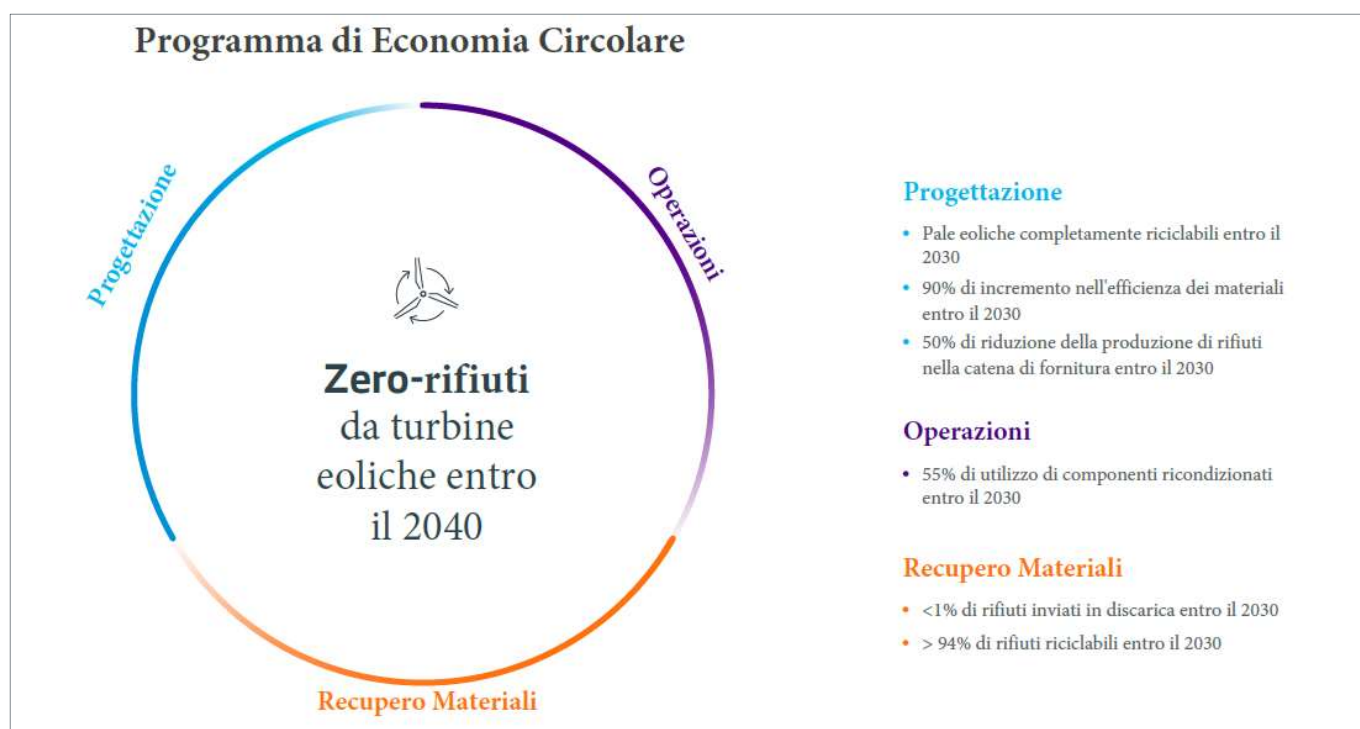
Nel 2020 Vestas, con l'obiettivo di essere il leader globale delle soluzioni energetiche sostenibili, ha lanciato una strategia denominata **"Sustainability in everything we do"** (*Sostenibilità in tutto ciò che facciamo*). La strategia si fonda su quattro obiettivi chiave:

- **Raggiungere la neutralità da emissioni di CO₂ senza l'uso di strumenti di compensazione di carbonio, entro il 2030** – Questo significa ridurre al massimo le emissioni di CO₂ delle proprie attività (trasporti, riscaldamento, illuminazione, etc.), nonché della catena di fornitura.
- **Turbine che non generano rifiuti (Zero-Waste) entro il 2040** – Ad oggi le turbine Vestas sono riciclabili per l'85%, tuttavia il rotore è composto per gran parte da materiale non riciclabile. Oltre ad aumentare la percentuale di riciclabilità, Vestas vuole creare una catena di valori affinché i materiali delle turbine a fine vita siano totalmente riutilizzati, attraverso l'economia circolare.
- **Diventare l'azienda più sicura, inclusiva e socialmente responsabile dell'industria energetica** – questo comporta obiettivi di riduzione del tasso d'infortuni per anno (obiettivo 0,6 infortuni per ogni milione di

ore lavorate entro il 2030), nonché numerosi obiettivi di inclusione sociale, legati al genere, età, cultura, provenienza, etc.

- **Guidare la transizione verso un mondo alimentato da energia sostenibile** – Vestas promuove progetti di sensibilizzazione alle energie rinnovabili, nonché partnership con stakeholders del settore come quella con il team Mercedes-EQ in Formula E.

Nell'ottobre 2021, Vestas ha lanciato un **Programma di Economia Circolare**, volto a incrementare la percentuale di riciclabilità delle proprie turbine, fino al raggiungimento dell'obiettivo di *zero rifiuti* entro il 2040. Il programma si sviluppa lungo l'intera catena di produzione: progettazione, operazioni e recupero dei materiali.



Le iniziative di Vestas per supportare la transizione energetica vengono portate avanti garantendo modelli di sviluppo sostenibili per le comunità interessate al fine di creare ricadute sociali positive nel luogo in cui si eseguono i progetti. A tal proposito si promuovono:

- Azioni e progetti sviluppati nel rispetto delle procedure e requisiti ambientali e sociali secondo la legislazione e gli standard applicabili a livello Internazionale e locale;
- Coinvolgimento delle popolazioni dei territori interessati dalle diverse iniziative attraverso sviluppo occupazionale, percorsi formativi e progetti di miglioramento ambientale.

2. Inquadramento territoriale

2.1. Localizzazione

Il presente progetto riguarda le opere civili per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica che la società Orune Wind S.r.l. ha in programma di realizzare nel territorio Comunale di Orune, nella Provincia di Nuoro (NU).

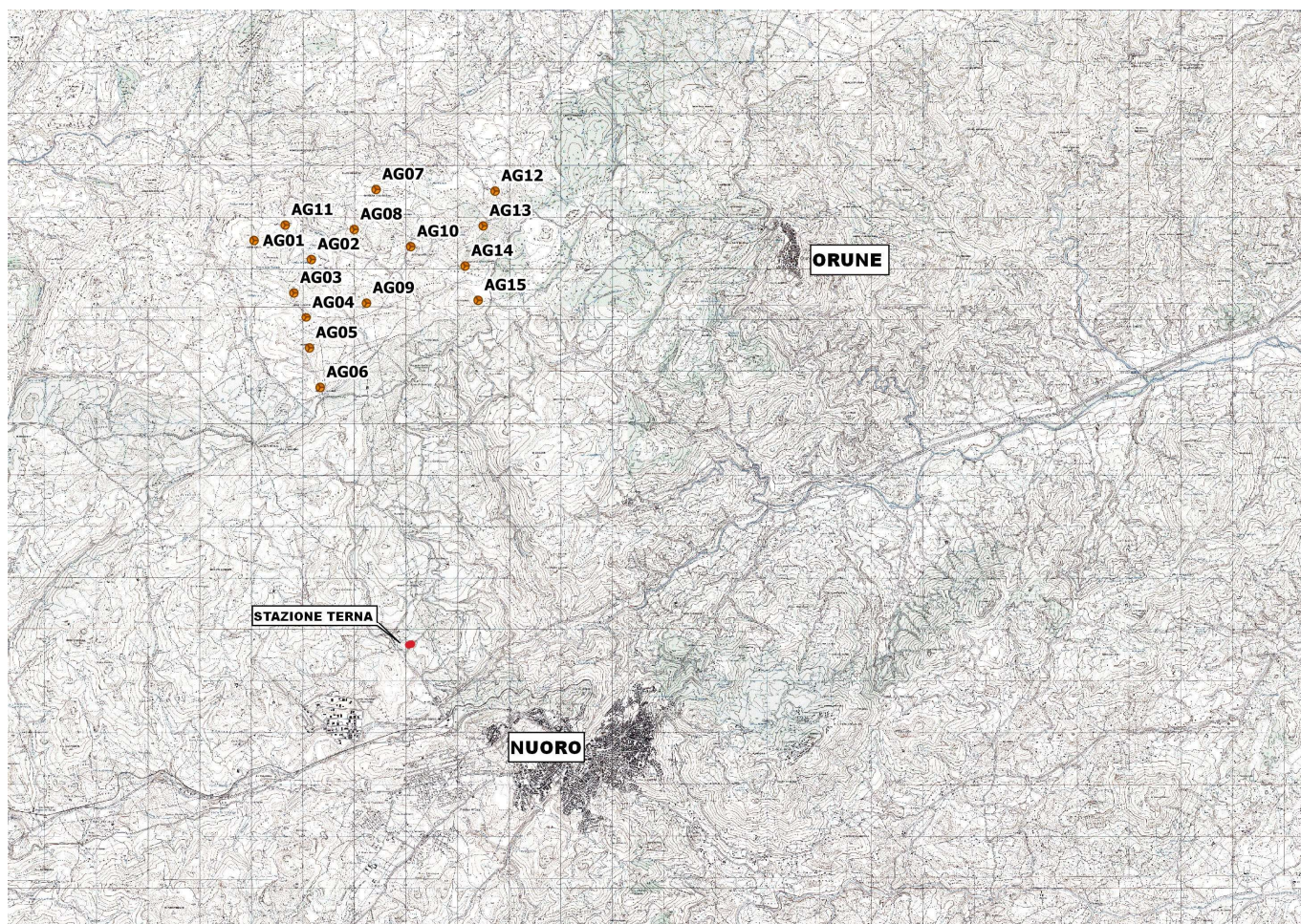


Figura 1: Inquadramento geografico intervento

Il progetto prevede la realizzazione di una centrale eolica con potenza complessiva di **90 MW**, con installazione di n. **15** aerogeneratori da **6,0 MW** ciascuno, comprensiva di tutte le opere connesse, per la realizzazione, il funzionamento e la manutenzione di predetto impianto.

L'area individuata per la realizzazione del parco si sviluppa ad ovest dell'abitato di Orune, nelle località "Su Medreccu", "Badde 'e Su Chercu", "Sa e Ruveddu", "Lizzu Veru", "Ena Longa", "Puddichinu", "Su Marteddu", "Gantineiale", "Erenascione", su un'ampia area senza sensibili variazioni di quota con una altitudine media di 750 m s.l.m.

Per quanto riguarda l'opera di connessione, il parco sarà allacciato tramite un cavidotto interrato AT da 150 kV, della lunghezza di circa 13 km che, partendo dalla sottostazione di trasformazione 30/150 kV interna al parco eolico e arrivo fino ad una stazione di smistamento a 150 kV posta nella Zona Industriale "Prato Sardo" del Comune di Nuoro la quale sarà connessa mediante cavidotto interrato AT alla futura SE TERNA di smistamento 150 kV, che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

Rispetto alla cartografia dell'Istituto Geografico Militare seria 25, scala 1:25.000, il parco eolico risulta inquadrato al F. 481 sezione II e al F. 499 sezione I, mentre sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 l'area di intervento è individuata nelle sezioni 481150, 481160 e 499040.

Nella seguente tabella è riportata l'ubicazione dei singoli aerogeneratori espressa in coordinate Gauss- Boaga:

AG	Gauss Boaga_X	Gauss Boaga_Y
AG01	1 521 010.88	4 473 356.80
AG02	1 522 119.97	4 472 989.00
AG03	1 521 781.34	4 472 341.40
AG04	1 522 019.22	4 471 860.63
AG05	1 522 083.91	4 471 260.77
AG06	1 522 291.91	4 470 497.76
AG07	1 523 372.26	4 474 342.86
AG08	1 522 948.91	4 473 569.82
AG09	1 523 186.96	4 472 144.46
AG10	1 524 044.36	4 473 238.32
AG11	1 521 613.97	4 473 655.56
AG12	1 525 677.29	4 474 311.76
AG13	1 525 447.30	4 473 637.96
AG14	1 525 096.71	4 472 863.77
AG15	1 525 349.04	4 472 198.86

Tabella 1: Ubicazione AG in coordinate Gauss-Boaga

L'inquadramento catastale delle installazioni eoliche in progetto interessa i seguenti fogli:

15, 24, 25, 32, 33, 34.

Le zone interessate dal progetto sono raggiungibili attraverso la Strada Statale n. 389 con provenienza dalla SP41.

L'impianto sarà servito da una viabilità interna di collegamento tra gli aerogeneratori, prevalentemente impostata sulla viabilità esistente.

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 8 di 37
-----------------------------------	------------------------------------	-------	-------------------

3. Disponibilità delle aree

I terreni interessati dalla realizzazione dell'impianto eolico sono di proprietà del Comune di Orune e soggetti al diritto d'uso civico come da Determinazione R.A.S. n. 272 del 24/02/2005.

Per l'attuazione degli interventi in progetto, il Comune di Orune ha avviato le procedure per la richiesta di sospensione dell'esercizio degli usi civici limitatamente alle porzioni che verranno occupate da piazzole, stazione elettrica e nuova viabilità.

Per quanto riguarda le aree su cui sono state installate le torri anemometriche, in seguito alla deliberazione del Consiglio Comunale n. 21 del 02/11/2021, l'Assessorato Agricoltura e Riforma Agro-Pastorale della R.A.S. con propria determinazione n. 4 Protocollo n. 0000159 del 10/01/2022 ha disposto il mutamento di destinazione e la sospensione dei diritti di uso civico in favore del Comune di Orune.

4. Caratteristiche generali del parco

4.1. Generalità

Il Parco Eolico è costituito da aerogeneratori **V162** Vestas ad asse orizzontale montati su torri tubolari ad elementi in acciaio.

Per la dislocazione degli aerogeneratori si è fatto riferimento alle indicazioni per la realizzazione di impianti eolici in Sardegna così come definite dall'Allegato e) alla Delibera G.R. n. 59/90 del 27.11.2020, in particolare:

- Ogni turbina dello schieramento costituente l'impianto eolico dista oltre 500 m dall'edificato urbano;
- La distanza di ogni turbina dal confine della tanca in cui ha la fondazione è superiore alla lunghezza del diametro del rotore;
- La distanza di ogni turbina dalla strada provinciale e dalla strada statale è superiore alla somma dell'altezza dell'aerogeneratore al mozzo e del raggio del rotore, più un ulteriore 10%;
- Al fine di garantire la massima efficienza del parco eolico nel suo complesso, evitando l'insorgenza di mutue turbolenze fra gli aerogeneratori, la distanza minima fra gli stessi è superiore a 5 volte il diametro del rotore nella direzione del vento predominante e superiore a 3 volte il diametro del rotore lungo la direzione perpendicolare a quella del vento predominante;
- Al fine di limitare gli impatti visivi, acustici e di ombreggiamento, ogni singolo aerogeneratore dista oltre 300 m da corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale in cui è stata accertata la presenza continuativa di personale in orario diurno. In fase di censimento dei fabbricati non sono stati rilevati corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale con presenza continuativa di personale in orario notturno o case rurali ad

utilizzo residenziale di carattere stagionale né tantomeno nuclei e case sparse destinati ad uso residenziale.

Per poter disporre di dati del vento attendibili e originali, sono stati installati nel mese di marzo 2023, dopo un apposito studio, due anemometri con altezza di 100 m, adatti al rilevamento delle caratteristiche della ventosità del sito.

Al fine di avere una caratterizzazione anemometrica del sito è stato prodotto un apposito Report per valutare la producibilità dell'impianto eolico. Detta valutazione è stata svolta sulla base dei dati anemometrici di una stazione di misura, scelta fra alcune serie disponibili, suffragata da confronti e correlazioni con dati di altre serie riferite all'area di interesse, a conferma che tale serie di dati è compatibile con quelle della zona di appartenenza, appartenente allo stesso regime di venti e rappresentativa del sito in oggetto.

Dall'analisi dei dati è stato possibile stimare una produzione attesa netta ($P_{50\%}$) di **206,957 MWh/anno** pari a **2300** ore annue equivalenti.

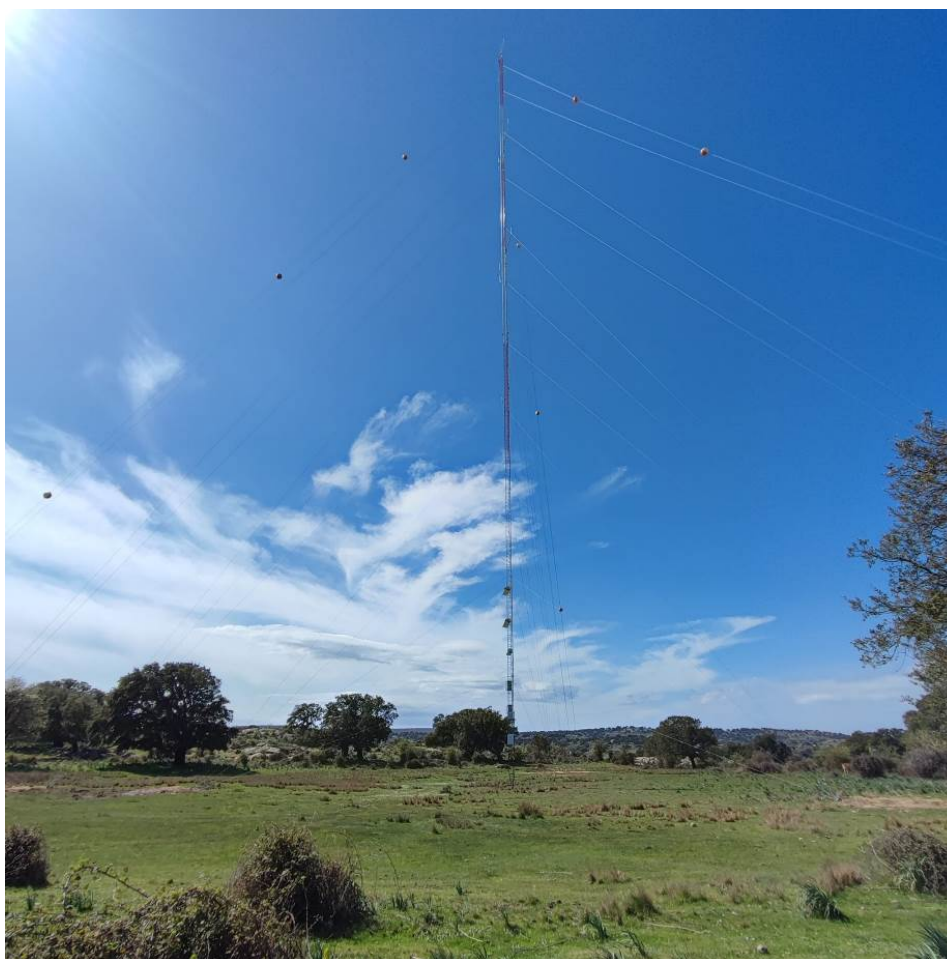


Figura 2: Anemometro installato

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 10 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

Le caratteristiche tecniche degli aerogeneratori e del parco sono le seguenti:

- generatori asincroni trifase con potenza nominale pari a 6,0 MW, tensione 3 X 0.96 Kv, freq. 50 Hz
- rotor a tre pale con diametro pari a 162 m;
- torri in acciaio a sviluppo tronco conico di altezza pari a 125 m;
- cabine elettriche secondarie di trasformazione inserite in ogni aerogeneratore;
- rete elettrica interrata MT a 30 KV dai singoli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione MT/AT;
- sottostazione di trasformazione MT/AT (Media Tensione 30 kV - Alta Tensione 150 kV), comprendente sezionamento, ricezione e smistamento;
- rete telematica interrata per il monitoraggio e controllo dell'impianto;
- connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in alta tensione 150 KV.

4.2. Descrizione sommaria delle opere da realizzare e programma lavori

La realizzazione del parco eolico implica la costruzione di infrastrutture, opere civili ed impiantistiche, così sintetizzabili:

- Adeguamento della viabilità esistente;
- Nuova viabilità interna al sito;
- Piazzole di stoccaggio e installazione aerogeneratori;
- Opere di fondazione degli aerogeneratori;
- Cavidotti interni alle aree di cantiere e linee elettriche di connessione;
- Sottostazione di trasformazione 30/150 kV interna al parco;
- Stazione di smistamento a 150 kV posta nella Zona Industriale "Prato Sardo" del Comune di Nuoro;
- SE TERNA di smistamento 150 kV, che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

Tenuto conto delle componenti dimensionali del generatore, la viabilità di servizio all'impianto e le piazzole andranno a costituire le opere di maggiore rilevanza per l'allestimento del cantiere.

Il programma di realizzazione dei lavori sarà articolato in una serie di fasi lavorative che si svilupperanno nella sequenza di seguito descritta:

1. Allestimento cantiere;
2. Realizzazione della nuova viabilità di accesso al sito e adeguamento di quella esistente;
3. Realizzazione della viabilità di servizio per il collegamento tra i vari aerogeneratori;
4. Realizzazione delle piazzole di montaggio;
5. Esecuzione delle opere di fondazione per gli aerogeneratori;

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 11 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

6. Realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici, da ubicare in adiacenza alla viabilità di servizio;
7. Realizzazione delle opere di deflusso delle acque meteoriche;
8. Trasporto, scarico e montaggio aerogeneratori;
9. Realizzazione delle Stazioni di trasformazione e smistamento;
10. Connessioni elettriche;
11. Start up impianto eolico;
12. Ripristino dello stato dei luoghi;
13. Esecuzione di opere di ripristino ambientale;
14. Smobilitazione del cantiere.

5. Aerogeneratori in progetto

5.1. Caratteristiche tecniche

Gli aerogeneratori Vestas V162 in progetto sono costituiti da una torre formata da 6 elementi tubolari in acciaio di sezione leggermente tronco conica, della lunghezza variabile. Dal più piccolo, della lunghezza di m 12.50 al più grande della lunghezza di m 30. Montati uno sopra l'altro in posizione perfettamente verticale ed uniti tra di loro con particolari elementi flangiati assemblati con bulloneria ad altissima resistenza, nonché da una serie di saldature specialistiche che ne garantiscono la sicurezza e la durata nel tempo. Si crea in questo modo una struttura tubolare alta circa m 125 in asse rotore, al suo interno passano tutti i cavi che conducono la corrente, i cavi di segnale e tutta una serie di sensori di sicurezza e di rilevamento, elaborati da un complesso software che si trova alla base della torre ed è in collegamento con server remoti sotto il controllo del costruttore. All'interno della torre trova spazio anche un elevatore a cavi, utilizzato per il trasporto di persone, attrezzature e materiali di ricambio o di consumo, da utilizzare per il monitoraggio, la manutenzione e la riparazione dei componenti della navicella.

La navicella è l'anima motrice della macchina, ha dimensioni e pesi ragguardevoli ed è composta da elementi in acciaio in fusione che costituiscono lo scheletro della struttura, a questi sono collegati elementi meccanici, componentistici ed impiantistici, che formano una struttura estremamente complessa dove ogni spazio è accuratamente studiato per ospitare un determinato componente. Tale struttura ospita quindi al suo interno il gruppo di generazione, il trasformatore e tutti gli impianti elettrici connessi, l'impianto idraulico, i manovellismi ed i biellismi per l'orientamento e la correzione della posizione della pala, il sistema di frizione e di freno e tutto l'apparato di collegamento tra le pale ed il generatore. La navicella quindi è una dinamo in presa diretta con il vento, captato all'altezza più conveniente.

Le pale hanno una lunghezza di circa 80 m e sono riunite a raggio con un angolo di 120° tra di loro in una struttura centrale girevole, chiamata ogiva, collegata direttamente con il sistema di trasmissione che aziona il gruppo di generazione.

Le pale sono costruite in materiale ultraleggero, con tecniche estremamente complesse e precise atte a massimizzare le prestazioni nel rispetto delle condizioni di sicurezza e di benessere, particolare importanza si è data quindi allo studio dell'abbattimento del rumore causato dall'incrocio tra la pala e la torre, nel momento di lavoro dell'aerogeneratore; per ottenere il risultato la lama della pala ha uno spessore ridotto, in maniera che il fendente in prossimità della torre, provochi il più basso rumore possibile. Esse sono costituite da un'anima interna di fibra di carbonio e un "guscio" esterno di fibra di vetro.

5.1.1. Sistema di protezione contro le scariche atmosferiche

La V162 – 6,0 MV è dotata di un sistema parafulmini LPS progettato per ridurre al minimo i danni agli elementi meccanici ed elettrici. Il sistema di controllo è suddiviso in una protezione esterna ed una protezione interna.

Il sistema di protezione esterno conduce i fulmini direttamente all'impianto terra alla base della torre.

Un esempio di protezione esterna contro i fulmini sono le aste captanti poste nella parte posteriore della navicella e i recettori captanti in rame, distribuiti sulla pala in fibra.

Invece la protezione interna protegge le parti elettriche da sovratensioni indotte dall'impulso elettromagnetico EMC, tramite schermature adeguate per apparecchiature e cavi. Scaricatori e componenti passivi equilibrano le sovratensioni indotte con la tensione dell'alimentazione servizi macchina.

In riferimento alle normative nazionali riguardanti la valutazione dei rischi, le macchine sono progettate e costruite secondo le specifiche internazionali IEC 61400-24 del 2010. Il livello 1 di protezione in accordo con lo standard IEC 61400-24 del 2010 assicura l'immunità dell'aerogeneratore a scariche atmosferiche ad alta potenzialità; in Sardegna si hanno generalmente da ca. 50 – 100 kA corrente di scarica mentre la V162 è collaudata per 200 kA, come viene illustrato nella sottostante tabella.

Lightning Protection Design Parameters			Protection Level I
Current Peak Value	i_{max}	[kA]	200
Impulse Charge	$Q_{impulse}$	[C]	100
Total Charge	Q_{total}	[C]	300
Specific Energy	W/R	[MJ/Ω]	10
Average Steepness	di/dt	[kA/μs]	200

Tabella 2: Parametri di progettazione della protezione contro i fulmini (IEC)

La torre viene usata per lo scarico dell'energia del fulmine. La pala è la parte più esposta della turbina e capta con la più alta probabilità le scariche atmosferiche. La costruzione della pala è gran parte con materiale isolante e perciò

è dotata con una fila di punti in rame che sono collegati con un anello di scorrimento in acciaio, collocato sulla base della pala. Il sistema di trasmissione energia LCTU scarica l'energia proveniente dai fulmini dalla base della pala alle parti conduttrici della navicella tramite anello e spazzole.

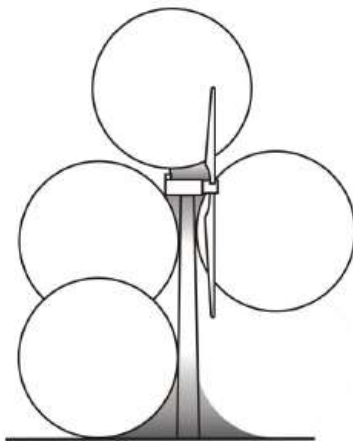


Figura 3: Metodo delle sfere rotanti

Con l'uso del metodo delle sfere rotanti secondo la norma IEC 61400-24, si possono individuare con la massima probabilità le zone di fulminazione dell'aerogeneratore. Diversi studi hanno mostrato che gli estremi delle pale e la stazione meteorologica con le luci d'avviso per l'aeronautica situato nella parte posteriore della navicella sono le zone più colpite.

Le pale sono equipaggiate con punti di captazione studiati per la ricezione dell'enorme energia distribuita lungo la pala. Al loro interno è installato un cavo da 50 mm² in rame, che raccoglie i punti di captazione ed è collegato con l'anello in acciaio a fondo pala. La fine del conduttore in rame termina sull'anello d'acciaio in fondo alla pala, il quale è isolato dalla navicella. La connessione tra pala e navicella avviene tramite sistema LCTU.

Le apparecchiature collocate all'esterno della navicella sono protette da aste e cerchi captanti. Questi e tutte le parti metalliche sono collegate direttamente all'equipotenziale della navicella.

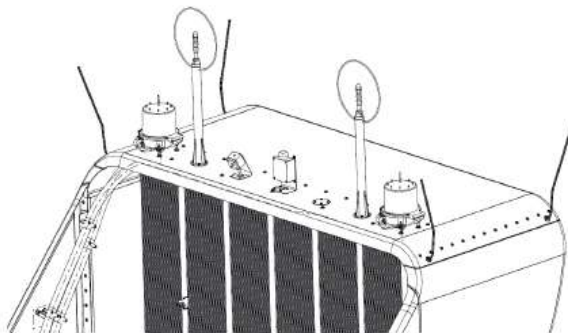


Figura 4: Anemometri ad ultrasuoni e luci di segnalazione aerea posti sulla parte posteriore del tetto della navicella

Per condurre la corrente del fulmine dalle singole pale alla base della navicella, è importante che la scarica non avvenga attraverso i cuscinetti. Tra gli anelli delle pale e le parti di sostegno sono montati diversi bracci con spazzole,

che sono in contatto con l'anello in acciaio e conducono la corrente di scarica direttamente al fondo metallico della navicella (Sistema LCTU).



Figura 5: LCU tra lame e telaio navicella.

Il sistema LCTU è testato per garantire la sua capacità di condurre corrente di fulmine.

Dal passaggio della navicella alla struttura metallica della torre si trovano dei conduttori per evitare che la scarica danneggi gli ingranaggi del sistema di orientamento.

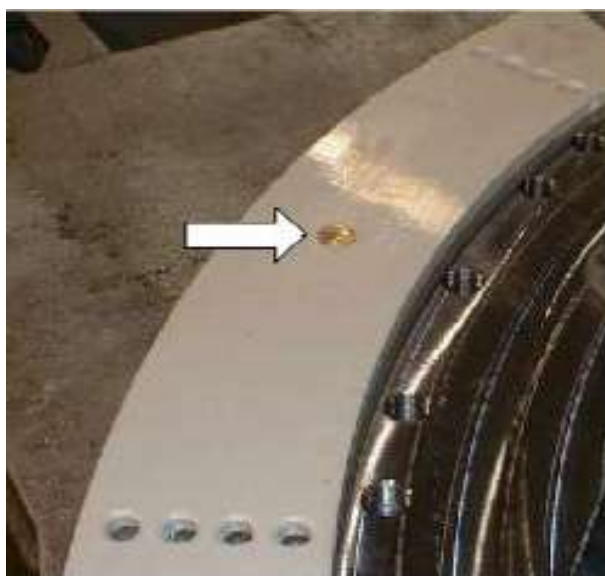


Figura 6: Protezione cuscinetto (immagine esemplificativa)

È importante proteggere il trasformatore dalle scariche atmosferiche. Vestas ha preventivamente installato degli scaricatori alta tensione sui circuiti di alta tensione e delle protezioni contro le sovratensioni per i circuiti di bassa tensione.

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 15 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

5.1.2. Impianto terra

L'impianto terra di Vestas è stato progettato da un lato come protezione di persone e animali e dall'altro lato come protezione di apparecchiature.

L'impianto di terra di ogni aereogeneratore è composto da tre parti:

- La prima parte rappresenta la fondazione dell'aereogeneratore stesso
- La seconda e terza parte sono le connessioni tra la struttura metallica della turbina e i dispersori.

Il posizionamento dei dispersori viene calcolato in funzione della conducibilità della terra locale e in base alle norme CEI, vigenti per ogni singolo aereogeneratore.

5.1.3. Verifiche e controlli

Le navicelle vengono controllate e collaudate in un laboratorio di alta tensione e di alta corrente. Le navicelle e le torri sono sottoposte ai parametri LPL1 come descritto nelle IEC 61400-24:2010. I test vengono effettuati in modo "funzionamento motori" dove sono in azione tutti i circuiti attivi durante il funzionamento degli aereogeneratori. Tutte le prestazioni richieste dai test servono per verificare l'abilità della turbina di lavorare in ambienti esposti alle scariche atmosferiche come definito nelle IEC 61400-24:2010.

Anche le pale vengono controllate e verificate mediante test di scarico in base alle norme IEC 61400-24:2010

6. Opere civili

6.1. Viabilità

Il trasporto delle pale e dei conci delle torri avviene con mezzi eccezionali le cui dimensioni possono superare gli ottanta metri di lunghezza e per tale motivo le strade da percorrere devono rispettare determinati requisiti dimensionali e caratteristiche costruttive. Il più delle volte la viabilità esistente non ha le caratteristiche necessarie per permettere il passaggio di questi mezzi eccezionali e quindi si dovranno eseguire degli interventi di adeguamento, che generalmente consistono nell'ampliamento della sede stradale e modifica del raggio di curvatura.

Lo studio effettuato sulla viabilità esistente ha dimostrato la compatibilità delle strade con le esigenze richieste per i trasporti speciali dei componenti degli aerogeneratori ai siti interessati, salvo modesti lavori di adeguamento alla cartellonistica stradale, taglio della vegetazione o spostamento delle barriere di sicurezza.

I mezzi eccezionali che trasporteranno gli aerogeneratori dal porto di Oristano al sito d'installazione, percorreranno la SP 49 costeggiando lo stagno di Santa Giusta e si immetteranno sulla SS131. Al km 134+900 svolteranno lungo la SP33 in direzione Borore fino all'incrocio con la SS 129 per poi proseguire lungo la SP 10. All'altezza dell'incrocio per

Bono, in prossimità dell'incrocio con la SP 31, è stata individuata un'area delle dimensioni di circa m 150 x 100 necessaria per il trasbordo di pale, torri e navicelle. Da questo punto è necessario l'utilizzo del "blade lifter", ossia degli speciali mezzi di trasporto che agganciano la pala alla base e consentono di trasportarla in elevazione, consentendo quindi il trasporto anche su strade a corto raggio di curvatura.

I mezzi si immetteranno lungo la SP31 in direzione Santa Restituta fino all'incrocio con la SP22 per poi proseguire lungo la SP41. In corrispondenza dell'incrocio con la SS389 dovranno svoltare a sinistra in direzione Orune e proseguire fino alla strada di accesso al parco (innesti I1, I2 e I3).

Uno specifico report del trasportatore ha evidenziato quali siano gli interventi di adeguamento alla viabilità esistente per assicurare i trasporti. Si tratta di interventi di modesta entità consistenti in rimozione temporanea di cartelli stradali e guardrail, allargamenti e taglio di vegetazione.

Nella seguente figura è rappresentato il percorso che seguiranno i mezzi eccezionali dal porto industriale di Oristano (A) fino all'innesto con la viabilità interna al parco (B).

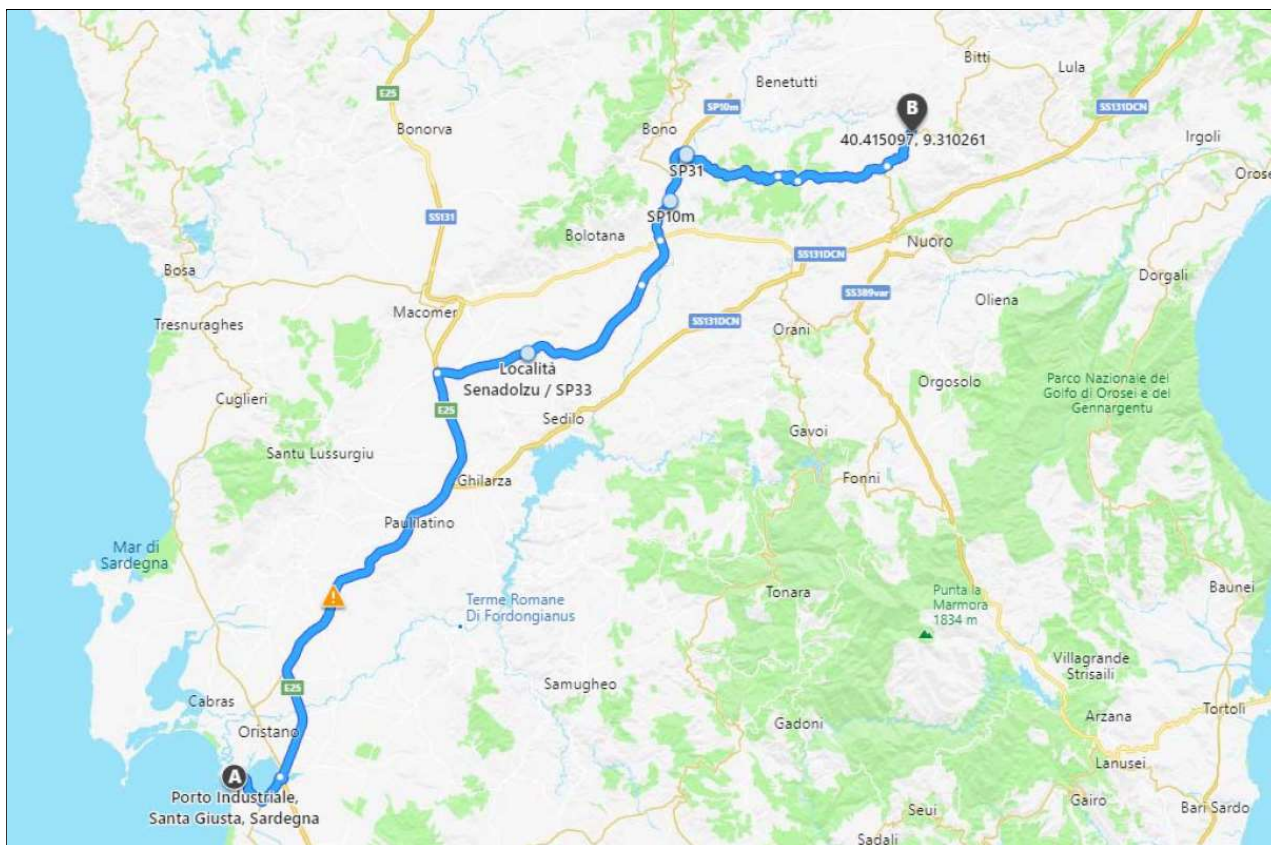


Figura 7: Percorso dal porto industriale di Oristano (A) all'innesto con la viabilità interna parco (B)

Il report del trasportatore ha evidenziato quali sono i punti e le attività da mettere in atto per consentire un agevole transito degli automezzi che verranno impiegati:


<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.1</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 39°52'5.25"N - 8°33'4.03"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Uscita dal porto industriale di Oristano</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Nessun intervento previsto</p>	

Tabella 3: Segnalazione trasportatore

<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.2</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 39°50'49.32"N - 8°35'20.04"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Incrocio tra SP97 e SP49</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Rimozione aiuola e cartelli stradali - Rendere carrabili le aiuole rimosse</p>	

Tabella 4: Segnalazione trasportatore

<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.3/4</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 39°50'49.32"N - 8°35'20.04"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Incrocio tra SP97 e SP49</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Rimozione aiuola - Rendere carrabili le aiuole rimosse</p>	

Tabella 5: Segnalazione trasportatore

<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.5/6/7/8</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 39°52'5.13"N - 8°36'32.58"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Innesto SS 131 da SP 49</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Rimozione aiuola e cartelli stradali – taglio vegetazione di altezza superiore a m 2.00</p>	

Tabella 6: Segnalazione trasportatore


<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.9/10/11/12/13/14/15/16/17/18</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 39°52'2.69"N - 8°36'42.26"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Innesto SP 33 da SS 131</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Tagliare la vegetazione sul lato sinistro e rimuovere la segnaletica stradale. Effettuare uno slargo fino a 10 m sul lato sinistro della strada. Rimuovere la parte superiore del parapetto a destra</p>	

Tabella 7: Segnalazione trasportatore

<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.19</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 40°23'47.95"N - 9°03'04.64"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Strada SP 10</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Area delle dimensioni di circa m 150 x 100 necessaria per il trasbordo di pale, torri e navicelle. Da questo punto è necessario l'utilizzo del "blade lifter" e di appositi semirimorchi.</p>	

Tabella 8: Segnalazione trasportatore

<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.20</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 40°23'50.49"N - 9°03'10.99"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Incrocio SP 10 con SP 31</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Rimozione aiuola e cartelli stradali – taglio vegetazione di altezza superiore a m 2.00</p>	

Tabella 9: Segnalazione trasportatore

<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.21</p>	
<p><i>Coordinate:</i> 40°23'13.89"N - 9°04'49.01"E</p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Lungo strada SP31</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Taglio vegetazione di altezza superiore a m 2.00</p>	

Tabella 10: Segnalazione trasportatore


<p><i>Segnalazione trasportatore</i> Ob.22/23/24</p>	
<p><i>Coordinate:</i></p>	
<p><i>Descrizione del tratto:</i> Lungo strada SP31</p>	
<p><i>Interventi di adeguamento previsto:</i> Rimozione cavi aerei</p>	

Tabella 11: Segnalazione trasportatore Ob.11


<p>Segnalazione trasportatore Ob.26</p>	
<p>Coordinate:</p>	
<p>Descrizione del tratto: Incrocio strada Sp41 con SS389</p>	
<p>Interventi di adeguamento previsto: Effettuare l'allargamento di 6 m nel lato sinistro</p>	

Tabella 12: Segnalazione trasportatore

Il percorso dagli innesti alle singole piazzole sarà su strade esistenti, e solo dove non esiste altra soluzione si procederà alla realizzazione di brevi tratti di nuova viabilità. Sulle strade sterrate esistenti sono previsti vari interventi a seconda del proprio stato di manutenzione e delle proprie caratteristiche dimensioni (larghezza, pendenza, raggio di curvatura).

Per garantire un trasporto sicuro dei componenti dell'aerogeneratore, per la progettazione di strade e piazzole si è fatto riferimento alle specifiche Vestas che definiscono le loro caratteristiche costruttive.

La larghezza minima utile delle strade del parco deve essere di m 5 su tratti rettilinei. Sui tratti di curva dovranno essere effettuati i necessari allargamenti in funzione del raggio di curvatura.

Per il deflusso delle acque superficiali è ammessa una pendenza trasversale non superare al **2%** dal centro della strada.

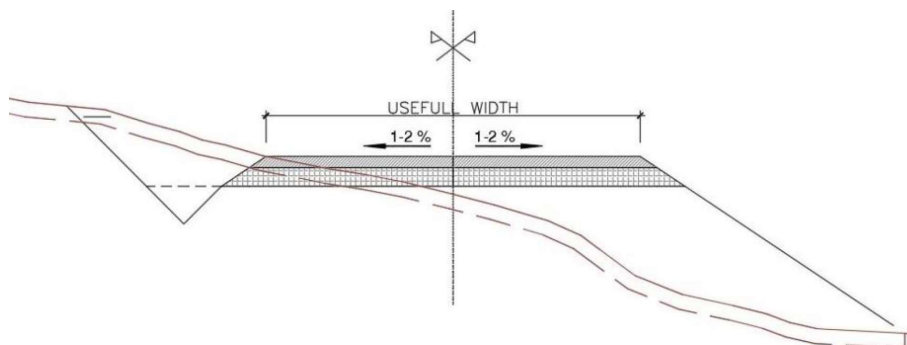
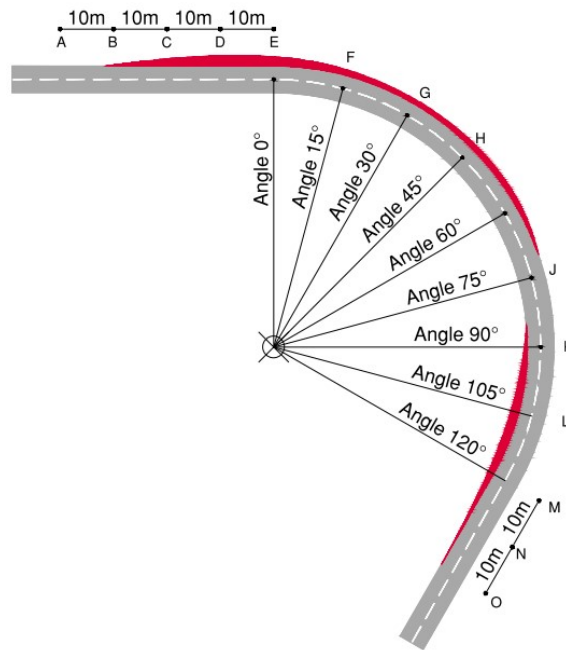


Figura 8: Sezione stradale tipo



120° BEND WIDENING - 5 METERS WIDE ROAD															
Radius	External									Internal					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70m	-	0.9	1.8	2.0	1.2	0.1	-	-	-	-	0.7	1.6	0.9	0.2	-
75m	-	0.6	1.5	1.6	1.0	-	-	-	-	-	0.5	1.2	0.8	0.2	-
80m	-	0.3	1.1	1.4	1.0	-	-	-	-	-	-	0.9	0.7	0.2	-

120° BEND WIDENING - 6 METERS WIDE ROAD															
Radius	External									Internal					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70m	-	-	0.6	0.8	0.2	-	-	-	-	-	-	0.5	0.3	-	-
75m	-	-	0.4	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-
80m	-	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

120° BEND WIDENING - 6.5 METERS WIDE ROAD															
Radius	External									Internal					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70m	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75m	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 9: Allargamenti stradali in funzione del raggio di curvatura

La massima pendenza longitudinale che i camion dei componenti delle turbine eoliche possono superare è in funzione del tipo di pavimentazione stradale. Come criterio di progettazione generale, su strade sterrate la pendenza longitudinale massima della strada non deve superare un valore del **10%** in rettilineo.

Qualora le pendenze delle strade fossero maggiori del **14%**, potrebbe essere necessario ricorrere all'utilizzo di più camion di traino.

		Loaded Uphill		Loaded Downhill	
		1 puller truck	2 puller truck	1 puller truck	2 puller truck
Forward direction loaded	8% straight and turnings	X			
	10% - 14% turnings		X	X	
	12% straight	X		X	
	14% straight		X	X	
	>14% straight and turnings		X		X
On reverse loaded *maximum acceptable distance 100m	8% straight and turnings	X			
	10% - 12% turnings		X	X	
	12% straight	X		X	
	>12% straight and turnings		X	X	X

Tabella 13: Autocarri trainanti in funzione della pendenza massima

La capacità di carico delle strade del parco eolico dovrà essere di almeno 300 kN/mq. Come ulteriore criterio, le strade del parco eolico saranno progettate per sopportare un carico per asse del camion di 15 t.

Nel caso si preveda di circolare con la gru parzialmente o completamente allestita in modo da ridurne il numero di sollevamenti, per motivi di sicurezza, il carico sull'asse sarà aumentato a 22 t per asse.

Laddove le condizioni del terreno del sito lo consentono, questo può essere aumentato a 25-30 t per asse al fine di ottimizzare il movimento della gru tra le piazzole (Hardstands).

La verifica della capacità portante sarà eseguita mediante prova su piastra statica in sito. Il sottofondo su cui saranno costruite le nuove strade dovranno avere un valore del CBR minimo compreso tra 11 e 20 a seconda dei numeri di WTG a cui la strada dà accesso. Nel caso in cui tali valori minimi di CBR non vengano raggiunti, il sottofondo dovrà essere conseguentemente migliorato applicando il metodo più idoneo (stabilizzazione del terreno a calce o cemento, aggiunta di materiale lapideo, geotessile, ecc.).

Lo strato della fondazione stradale, sarà costituito da tout-venant (principalmente da pietrame calcareo onde mantenere le caratteristiche cromatiche della viabilità esistente) con pezzatura decrescente dal basso verso l'alto, proveniente dagli scavi, laddove giudicato idoneo dalla D.L., e, dove necessario, da pietrisco e detriti di cava o di frantoio oppure da una miscela di materiali di diversa provenienza, in proporzioni stabilite con indagini preliminari di laboratorio e di cantiere. La finitura superficiale della massicciata sarà realizzata in ghiaietto stabilizzato dello spessore 10 cm con funzione di strato di usura.

La stesa e la sagomatura dei materiali premiscelati dovrà avvenire mediante livellatrice o, meglio ancora, mediante vibrofinitrice; ed infine costipamento con macchine idonee da scegliere in relazione alla natura del terreno, in modo da ottenere una densità in sito dello strato trattato non inferiore al 90% o al 95% della densità massima accertata in laboratorio con la prova AASHTO T 180. La sovrastruttura in tal modo realizzata permetterà il passaggio oltre che dei mezzi d'opera in fase di costruzione anche il transito dei mezzi per la manutenzione in fase di esercizio e dei mezzi agricoli anche dopo la dismissione del parco. Lateralmente alla carreggiata saranno realizzate delle cunette

a sezione trapezoidale e, laddove necessari, saranno realizzati dei tombini in calcestruzzo per garantire lo scorrimento delle acque meteoriche che altrimenti invaderebbero la carreggiata della strada principale.

L'aggregato utilizzato come pavimentazione dovrà avere una bassa plasticità per prevenire la formazione di fango quando piove. In nessun caso verranno utilizzati aggregati con valori dell'indice di plasticità (PI) maggiori di 9.

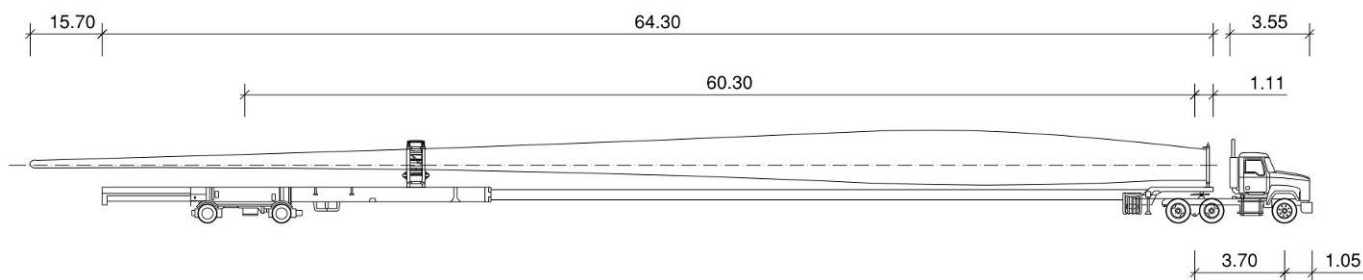


Figura 10: Dimensioni carico

REQUISITI DI PROGETTAZIONE

Parametri minima curva verticale	$K_v = L / i_1 - i_2 = 500$
Pendenza massima su strada sterrata	10%
Pendenza massima su strada asfaltata	14%
Raggio minimo	70 m

Tabella 14: Requisiti di progettazione delle strade

6.1.1. Adeguamento viabilità esistente

In generale, le strade asfaltate esistenti posseggono i requisiti necessari per il transito dei mezzi, anche in termini di larghezza nei tratti rettilinei o in leggera curva, mentre in prossimità degli incroci saranno necessari interventi di allargamento delle curve tanto più ampi quanto più chiuso risulta l'angolo di innesto in modo che sia garantito il raggio minimo.

Gli interventi su strade sterrate esistenti consisteranno nell'allargamento ad un minimo di 5 metri di quei tratti che non raggiungono tali dimensioni, nella risagomatura delle cunette laterali, nell'adeguamento della livelletta stradale nei tratti con pendenza eccedente i massimi consentiti e nella realizzazione di curve ed incroci i quali dovranno consentire un agevole passaggio dei mezzi di cantiere e dei mezzi speciali che trasportano i componenti degli aerogeneratori.

Laddove presenti, i cavidotti verranno sempre realizzati interrati lungo il bordo stradale.

In tutte le strade esistenti interessate dal passaggio dei mezzi impegnati alla costruzione del parco eolico verrà fatta una ricarica di materiale inerte stabilizzato con granulometria 0/30 mm dello spessore di circa cm 10. Il fondo sarà successivamente costipato con rullo vibrante fino ad ottenere un valore del 95% della prova AASHO modificata.

Lo sviluppo totale di strade esistenti da adeguare è di **m 9.243**



Figura 11: Strada esistente interna al parco

6.1.2. Viabilità di nuova realizzazione

La nuova viabilità sarà realizzata mediante l'asportazione del terreno vegetale, il successivo costipamento del terreno sottostante mediante rullatura e la realizzazione di un cassonetto, da eseguirsi a strati non superiori a 40 cm con particolare scelta delle terre provenienti da scavi escludendo quelle inidonee, la sagomatura delle scarpate, la formazione e profilatura del cassonetto, degli arginelli, delle banchine e le necessarie ricariche. Lo strato di finitura sarà costituito da pietrisco con pezzatura 0-30 mm dello spessore di 10 cm.

La terra vegetale rimossa verrà stoccata nelle immediate vicinanze dello scavo e sarà riutilizzata per il ripristino dei luoghi una volta terminata la fase di montaggio degli aerogeneratori.

Il corpo stradale sarà predisposto in ottemperanza alle risultanze geologiche e geotecniche, (con particolare riferimento alle quantità di scavo in terra e qualità dei materiali provenienti da scavi), ed è stato pertanto previsto il riutilizzo parziale dei materiali provenienti dagli scavi, quando idonei, eventualmente miscelati con materiali

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 25 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

provenienti da cava. I volumi di terra residui di scavo, non idonei alla formazione della massicciata, verranno utilizzati successivamente anche alla fase di costruzione per l'interramento di parte delle piste e delle piazzole.

Tutte le strade, sia quelle in adeguamento dei percorsi esistenti che quelle di nuova realizzazione, saranno provviste di apposite cunette a sezione trapezia per lo scolo delle acque di ruscellamento diffuso, di dimensioni adeguate ad assicurare il regolare deflusso delle acque e l'opportuna protezione del corpo stradale da fenomeni di dilavamento. Laddove necessario, al fine di assicurare l'accesso ai fondi agrari, saranno allestiti dei cavalcafossi in calcestruzzo con tombino vibrocompresso.

La realizzazione di nuovi tratti stradali per il raggiungimento delle piazzole di posizionamento degli aerogeneratori, si limiterà quindi ai tratti di collegamento dalla strada esistente alla piazzola. Si è calcolato che questi tratti assommino ad una lunghezza totale di circa **m 3.950**, e quasi sempre in corrispondenza di sentieri già presenti, formati nel tempo col passaggio di mezzi agricoli.

6.2. Piazzole di montaggio

Per il montaggio degli elementi che costituiscono l'aerogeneratore, verranno create apposite piazzole della superficie di circa 3.400 mq corrispondente generalmente ad un rettangolo delle dimensioni di m 85 x m 40. Le piazzole saranno realizzate di varie forme, a seconda della viabilità e degli eventuali ostacoli presenti nei dintorni dell'area di montaggio, ma di dimensioni pressoché costanti. Queste saranno realizzate in materiale inerte con stesse modalità e caratteristiche delle strade, previa asportazione del terreno vegetale che verrà depositato in vicinanza della piazzola. Il risultato richiesto è di un fondo atto a sopportare sollecitazioni di peso anche nei periodi di forte piovosità, in modo da far dipendere il meno possibile il cantiere dall'alea meteorica.

Per favorire lo smaltimento dell'acqua piovana, verranno realizzate con una pendenza dell'1%.

Le piazzole di montaggio sono composte dalle seguenti zone:

- Area posizionamento navicella
- Area di lavoro gru
- Area deposito elementi della torre
- Area deposito pale
- Area di montaggio del braccio a traliccio principale della gru

Il montaggio della gru principale avviene per mezzo di tre gru di dimensioni più piccole che vengono posizionate in altrettante aree il cui fondo verrà livellato e compattato ed avrà una pendenza massima del 2%.

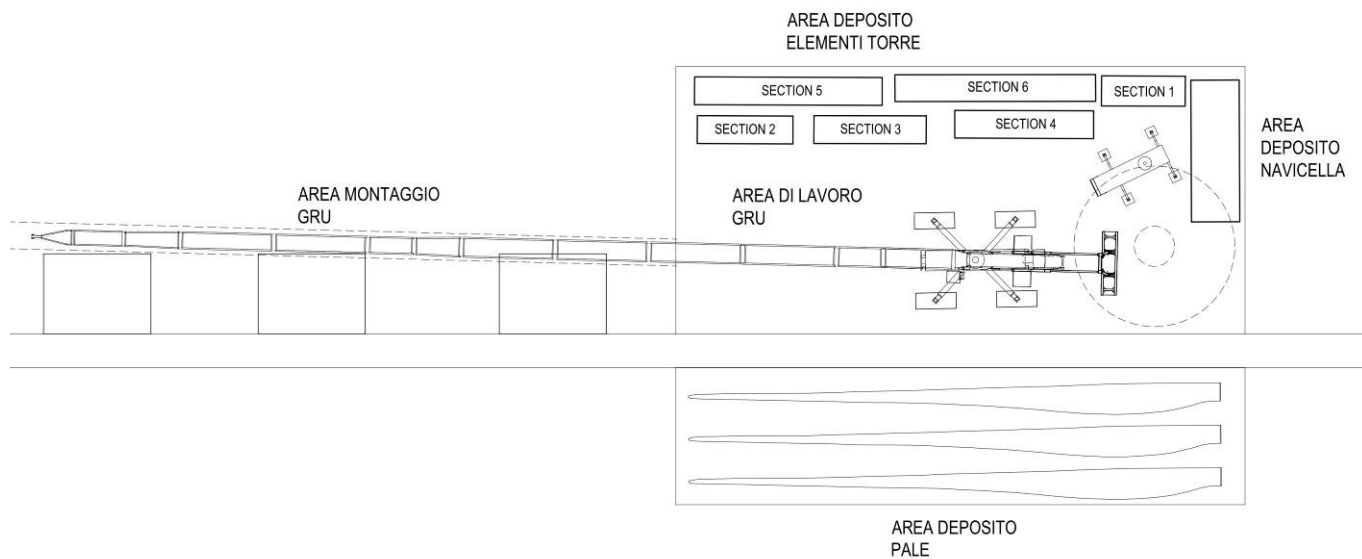


Figura 12: Schema tipo piazzola di montaggio



Figura 13: Esempio di area deposito elementi torre

L'area di stoccaggio delle pale sarà posizionata parallelamente all'area di lavoro della gru e direttamente accessibile dalla strada. La lunghezza dell'area di stoccaggio sarà pari alla lunghezza della pala più un'area di lavoro necessaria alla circolazione del carrello elevatore. Per quest'area si prevede un'occupazione di mq 1.734 pari ad un rettangolo delle dimensioni di m 85,00 x m 20,40.

Una volta ultimato il montaggio dell'aerogeneratore, si procederà alla riduzione della piazzola con conseguente rimessa in pristino dei luoghi mediante l'asportazione del materiale steso, che verrà poi in parte riutilizzato nelle aree da riempire. Le aree delle piazzole provvisorie verranno quindi ripristinate, rimettendo sul posto buona parte del terreno vegetale precedentemente asportato e opportunamente messo da parte per il suo riutilizzo. Così operando si otterranno grandi risparmi nell'utilizzo del materiale da cava e si ripristinerà lo stato dei luoghi con modalità del tutto eco-compatibili ed in tempi assolutamente accettabili.

Una volta terminati i lavori di montaggio degli aerogeneratori e rimossi i materiali di scavo e le attrezzature, la piazzola verrà ridimensionata notevolmente e riportata alla configurazione definitiva che manterrà per tutta la vita utile dell'impianto. In questa configurazione, la superficie occupata sarà pari a 1.660,50 mq corrispondente al un rettangolo delle dimensioni di m 61,50 x 27,00.

Strade esistenti da adeguare	m 9.243
Strade nuove	m 3.950
Volume di sterro per strade e piazzole	mc 79.804
Volume di riporto per strade e piazzole	mc 104.563

Tabella 15: Sviluppo di strade e volumi di terra scavi/riporti

6.3. Fondazioni aerogeneratori

Sulla base delle risultanze delle analisi effettuate, si è proceduto al calcolo statico per individuare la tipologia e il dimensionamento della fondazione tipo degli aerogeneratori.

È prevista la realizzazione di fondazione su plinto a base circolare in calcestruzzo armato che permette una distribuzione dei carichi omogenea, indipendentemente dalla direzione dei venti.

A seconda del tipo di terreno su cui ci si trova ad operare, il plinto di fondazione degli aerogeneratori potrà avere forma o dimensioni leggermente variabili, anche se, viste le risultanze delle indagini geologiche, ci si attende una certa uniformità. Solo in seguito ad una indagine geologica completa e definitiva in corrispondenza di ogni aerogeneratore si potranno sviluppare i calcoli esecutivi di ciascun plinto di fondazione.

In linea di massima, il plinto avrà dimensioni pari a circa m 25 di diametro x m 3,5 m di altezza, con sezione verticale tronco piramidale per fare defluire le acque piovane, come meglio descritto negli elaborati grafici di dettaglio e nei calcoli statici allegati.

Lo scavo ha un diametro di circa m 30 alla base e circa m 36 alla sommità, prevedendo pertanto un volume di scavo per ogni plinto pari mediamente a circa 2.572 mc, dei quali circa 1.538 mc verranno depositati vicino allo scavo e riutilizzato per il re-interro.

Una volta realizzato lo scavo e messo in sicurezza, si procederà al getto di un magrone di sottofondazione e alla costruzione dei casseri. Per la gabbia di armatura metallica, verrà impiegato acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C (Resistenza caratteristica $F_{yk}=450$ N/mm²); Il getto in calcestruzzo del plinto avverrà con l'impiego di materiale tipo C32/40 (Resistenza caratteristica $R_{ck}=40$ N/mm²) e classe di consistenza S4 mentre quello del colletto avrà classe di resistenza C45/55.

Al plinto si collegherà quella parte dell'aerogeneratore che forma la base di montaggio, chiamata "concio" il cui diametro è di circa m 6, che verrà parzialmente affogata nel getto di calcestruzzo, lasciando libera la parte flangiata in acciaio, sulla quale si monteranno gli elementi tubolari del sostegno dell'aerogeneratore. Una volta quindi eseguito il getto di calcestruzzo, pari a circa **1.034** metri cubi per plinto e atteso il tempo di maturazione del calcestruzzo, si procederà al re-interro lasciando la platea di fondazione completamente sotto il piano di campagna, con il risultato che tutta la zona adiacente al palo di sostegno potrà essere ripristinata e restituita eventualmente all'uso agricolo, con la sola eccezione delle parti della piazzola permanente, che comunque rimarranno del tutto sgombre e fruibili.



Figura 14: Esempio di fondazione tipo

Scavo di sbancamento	Plinto di fondazione	Rinterro	Terre da riutilizzare per rilevato stradale
mc 38.574,90	mc 15.508,85	mc 23.066,05	mc 15.508,85

Tabella 16: Volumi scavi/riporti per fondazioni AG

6.4. Aree di cantiere e di deposito dei materiali

Si tratta dell'individuazione, predisposizione, delimitazione e messa in sicurezza delle aree che ospiteranno i depositi dei materiali e dei mezzi di cantiere, oltre agli uffici ed i locali per il personale addetto. L'area è ubicata in Regione "Ena Longa" a poca distanza dalla SS 389 e adiacente ad una strada in terra battuta. Ricade in area distinta in catasto al Foglio 25 mappale 5 ed ha una superficie di 5.250 mq;

La preparazione dell'area di cantiere consiste nello sbancamento di 20 cm di terra vegetale e il riporto di 40 cm con inerte da cava. L'area sarà delimitata con rete metallica alta 2 m ed è previsto un ingresso della larghezza di m 6 adatto al passaggio dei mezzi da cantiere e degli autocarri. Dopo aver provveduto all'approvvigionamento idrico e all'allaccio dell'utenza elettrica di cantiere sarà posata una fossa IMHOFF e un serbatoio di riserva idrica di dimensioni adeguate per i servizi igienici. All'interno dell'area di cantiere trovano alloggio vari prefabbricati indispensabili allo svolgimento di tutte le attività. Sarà installato un container per la guardiana di circa 12 mq nelle immediate vicinanze dell'ingresso; due elementi prefabbricati di circa 107 mq ciascuno dei quali il primo sarà adibito ad uso ufficio, sala riunioni e infermeria, con annessi servizi, il secondo, sarà destinato ad uso spogliatoi per le maestranze, sala ristoro e includerà tutti i servizi igienici (docce e wc). È prevista inoltre una zona container per il deposito di materiali di consumo ed attrezzi.

Al termine dei lavori di montaggio degli aerogeneratori, l'area di cantiere verrà completamente dismessa e lo stato dei luoghi verrà ripristinato con la stesura del terreno vegetale precedentemente accantonato, restituendo l'area all'uso agricolo.



Figura 15: Area di cantiere

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 30 di 37
-----------------------------------	------------------------------------	-------	--------------------

Scavo di sbancamento	Sottofondo in tout-venant da cava	Strato di finitura in materiale stabilizzato
mc 1.050	mc 1.575	mc 525

Tabella 17: Volumi scavi/riporti area di cantiere

7. Sequenza di montaggio degli aerogeneratori

Una volta terminata l'opera di fondazione, si procede alla preparazione definitiva delle piazzole per il posizionamento delle gru che verranno utilizzate per il montaggio dell'aerogeneratore e per il deposito dei vari componenti. Sarà utilizzata un'enorme gru di altezza e portata sufficiente ad issare a quella altezza qualsiasi componente, questa sarà a sua volta trasportata sul sito smontata e assemblata in loco, mediante l'ausilio di più piccole gru di servizio.

Per ogni singolo aerogeneratore dovranno essere trasportati fino ai punti di installazione I seguenti componenti:

- Concio di base (gabbia di tirafondi) di altezza pari a circa 4 m, diametro pari a circa 6 m;
- Torre, di altezza complessiva pari a circa 123 m, divisa in 6 conchi flangiati di diametro massimo pari a circa 4,15 m e lunghezza massima pari a 30 m;
- Navicella, di dimensioni pari a circa 18x4,2x4,3 m e peso di circa 84 tonnellate;
- Albero di trasmissione, delle dimensioni di m 7,70x2,70x3 e peso di circa 94 tonnellate;
- Mozzo, della lunghezza di circa 5 m, diametro 4,40 m e peso di circa 64 tonnellate;
- 3 pale, di lunghezza pari a circa 79 m

Com'è possibile evincere dal precedente elenco, il trasporto più critico in termini di dimensioni del rimorchio è quello relativo alle pale, mentre il trasporto più rilevante in termini di peso è quello relativo alla navicella e albero di trasmissione.

I mezzi di trasporto delle pale avranno lunghezza complessiva pari a circa 80 m, mentre i mezzi di trasporto delle navicelle avranno una lunghezza di circa 35 m per un peso complessivo di circa 200 tonnellate.

Il trasporto ed il montaggio degli aerogeneratori verrà effettuato da personale altamente specializzato a cura del costruttore. Si procede quindi al montaggio del primo elemento tubolare e al suo ancoraggio all'opera di fondazione tramite il concio, l'unione avviene per mezzo di un sistema a flangia metallica, serrata con bulloni di opportune dimensioni e caratteristiche tecniche; in seguito vengono quindi montati, con le medesime modalità, tutti gli altri elementi, la struttura metallica tubolare verrà poi consolidata con l'aggiunta di saldature, pezzi speciali, rinforzi di vario tipo.



Figura 16: Fase di montaggio della torre

Verificato attentamente il corretto montaggio di tutti gli elementi che costituiscono la struttura portante dell'aerogeneratore e predisposti gli impianti, si passa al montaggio della navicella che viene posizionata in cima alla struttura, ad una altezza di 125 metri da terra. Essa è collegata al palo con un complesso sistema a ralla, azionata da speciali motori idraulici, che consente alla navicella di orientarsi in direzione del vento utile.

Una volta terminato il montaggio della navicella e dopo averla messa in sicurezza, vengono montate le pale sull'ogiva della navicella. Fatte tutte le verifiche sulla struttura e l'assemblaggio degli altri componenti si procede al cablaggio e alla connessione dei componenti elettrici.

8. Opere di mitigazione

Lo studio di inserimento delle turbine nasce dallo stato dei luoghi, dal rispetto delle distanze da fasce tutelate ed aree di rispetto, dalla dimensione delle pale e dalla loro area di influenza, nonché dall'esigenza di collocarle vicino a strade esistenti, con l'obiettivo di ridurre al minimo lo sviluppo planimetrico dei nuovi.

La progettazione dell'intervento è stata condotta con l'obiettivo di minimizzare gli impatti negativi dell'opera sul territorio, prestando particolare attenzione agli aspetti paesaggistici nel rispetto delle seguenti misure:

- Al termine della fase di montaggio degli aerogeneratori, tutte le piazzole ed aree previste in occupazione temporanea verranno dismesse e ripristinato lo stato alle originali funzioni in modo da minimizzare l'occupazione di terreno agricolo;
- La colorazione delle torri eoliche ha una forte influenza riguardo alla visibilità dell'impianto e al suo inserimento nel paesaggio, visto che alcuni colori possono aumentare le caratteristiche di contrasto della torre eolica rispetto allo sfondo. Per la colorazione delle torri verranno quindi impiegate vernici antiriflesso tale che sia minimizzato il contrasto della torre rispetto allo sfondo riducendo quindi la visibilità delle pale.
- L'estensione e la dimensione della nuova viabilità è stata ridotta al minimo necessario, così come le piazzole di servizio, utilizzando al meglio la viabilità già esistente;
- Gli allargamenti stradali temporanei verranno immediatamente rimossi al termine della fase di costruzione dell'impianto.
- Le linee elettriche interne all'impianto e di collegamento alla rete elettrica nazionale saranno tutte interrato in modo da ridurre l'impatto paesaggistico;
- I tempi di realizzazione dell'impianto saranno quanto più possibile ridotti, per minimizzare l'impatto sull'ambiente e sul paesaggio durante la fase di cantiere. Durante la stessa fase di cantiere saranno presi tutti gli accorgimenti per limitare al massimo la dispersione di polveri nell'ambiente;
- Saranno contenuti al minimo indispensabile gli spazi destinati alle aree per lo stoccaggio temporaneo del materiale movimentato e alle piste di stretta pertinenza dei cantieri;
- Saranno garantite ed accertate:
 - o la periodica revisione e la perfetta funzionalità di tutte le macchine ed apparecchiature di cantiere, in modo da minimizzare i rischi per gli operatori, le emissioni anomale di gas e la produzione di vibrazioni e rumori, anche mediante l'adozione di misure gestionali che obblighino i conducenti allo spegnimento dei mezzi durante il non utilizzo;

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 33 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

- il rapido intervento per il contenimento e l'assorbimento di eventuali sversamenti accidentali interessanti acqua e suolo;
- il ripristino delle eventuali opere, linee di servizi (elettriche, telefoniche, etc...) intercettate durante il percorso degli automezzi per il trasporto delle turbine al parco;
- Per quanto riguarda le operazioni di scavo:
 - Preliminarmente alla realizzazione delle opere il terreno vegetale sarà asportato avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali ricchi di humus e quelli più profondi, ai fini di un riutilizzo per i successivi ripristini ambientali;
 - I materiali profondi derivanti dagli scavi verranno riutilizzati in sito per la costruzione delle strade;
 - Saranno minimizzati gli spazi occupati dal materiale temporaneamente accantonato per la successiva stesura nelle piazzole a fine lavori con l'obiettivo di evitare la dispersione dello stesso materiale, qualora in esubero rispetto alle necessità, nelle aree non di stretta pertinenza delle stesse piazzole;
- La realizzazione di strade e piazzole comprenderà opportuni sistemi per il drenaggio delle acque meteoriche allo scopo di evitare l'accumulo nelle zone di lavoro. Saranno curate le pendenze e realizzate opere di drenaggio in corrispondenza dei principali punti di raccolta delle acque. Al fine di evitare il rilascio di carburanti, lubrificanti ed altri idrocarburi nelle aree di cantiere sarà particolarmente curata l'esecuzione dei rifornimenti di carburanti e lubrificanti ed il controllo giornaliero dei circuiti oleodinamici dei mezzi operativi. Saranno altresì previsti opportuni piani di sicurezza da mettere in atto in caso di contaminazione accidentale del terreno con idrocarburi.
- Si provvederà alla scrupolosa raccolta di tutti i rifiuti prodotti durante il cantiere previa separazione prima della destinazione finale mediante conferimento a ditte autorizzate al loro smaltimento: si tratterà comunque di rifiuti non pericolosi derivati prevalentemente da imballaggi e che saranno raccolti e gestiti in modo differenziato secondo le vigenti disposizioni.

9. Terre e rocce da scavo

Nell'ambito della fase di costruzione dell'impianto, sono previsti movimenti di terra relativi alla realizzazione di strade, piazzole, fondazioni e area di cantiere il cui bilancio si riassume nella tabella seguente.

	scotico terreno vegetale	scavo	rinterro scavo fondazione	calcestruzzo per plinti fondazione	riporto materiale proveniente da cava	riporto materiale proveniente da scavi	strato finitura
nuova viabilità e piazzole	21 605	79 804,18			9 250,50	95 313,03	10 562,50
adeguamento strada esistente	602				903,00		215,00
solo ricarica							4 157,50
area cantiere	1 050				1 575,00		525,00
fondazioni		38 574,90	23 066,05	15 508,85			
	23 257	118 379,08	23 066,05	15 508,85	11 728,50	95 313,03	15 460,00

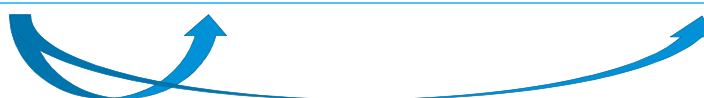


Tabella 18: Riepilogo volumi scavi/riporti

Come si osserva dal prospetto, l'intero quantitativo di materiale scavato nell'ambito della fase di allestimento della viabilità, piazzole e fondazioni, pari complessivamente a 118.379,08 mc, sarà riutilizzato in sito per rinterri e formazione dei rilevati stradali. Inoltre, si prevede l'approvvigionamento di materiale da cava per la realizzazione degli strati di fondazione (mc 11.728,50) e di finitura della rete viaria e delle piazzole (mc 15.460,00).

Il terreno vegetale proveniente dallo scotico, pari a mc 23.257, verrà depositato in prossimità delle stesse aree scavate per poi essere riutilizzato al termine della fase di montaggio degli aerogeneratori per i successivi ripristini ambientali.

La successiva fase di rimozione dell'area di cantiere e delle porzioni di strade e piazzole temporanee ridondanti rispetto alle necessità operative di gestione e manutenzione ordinaria del parco eolico, richiederà l'asportazione complessiva di 55.346,17 mc di materiale che sarà parzialmente riutilizzato in sito per i riempimenti delle aree in scavo. L'eccedenza di materiale asportato, pari a 7.730,41 mc, verrà conferito in appositi impianti di recupero o smaltimento per l'eventuale successivo riutilizzo per interventi di recupero o per la formazione di rilevati e sottofondi stradali, in accordo con i disposti del D.M. 5 febbraio 1998 (tipologia 7.31-bis), previa esecuzione dell'obbligatorio test di cessione. L'eventuale ricorso allo smaltimento in discarica sarà previsto per le sole frazioni non altrimenti recuperabili.

	scavo	riporto	destinato ad impianto di recupero
eliminazione piazzole temporanee	53 246,17	47 615,76	5 630,41
area cantiere - rimozione strato finitura	525,00		525,00
area cantiere - rimozione sottofondo	1 575,00		1 575,00
	55 346,17	47 615,76	7 730,41

Tabella 19: Riepilogo volumi scavi/riporto – fase di ripristino ambientale

10. Dismissione dell'impianto

Alla fine del periodo di concessione contrattuale delle aree dove sono posizionati gli aero-generatori, tutti i manufatti fuori terra, aerogeneratori e stazione di trasformazione verranno regolarmente smontati in modo da poter riciclare quanto possibile e procedere a ripristinare lo stato dei luoghi ex-ante.

Lo smantellamento avverrà nel pieno rispetto di tutte le norme ambientali e di sicurezza e può essere schematizzato nelle fasi seguenti:

- Disconnessione dell'impianto dalla rete elettrica
- Messa in sicurezza degli aerogeneratori
- Smontaggio delle apparecchiature elettriche ubicate all'interno degli aerogeneratori
- Smontaggio della sottostazione elettrica
- Smontaggio rotore
- Smontaggio navicella
- Smontaggio torre
- Recupero dei cavi elettrici di media tensione tra aerogeneratori e sottostazione elettrica
- Demolizione delle platee di fondazione della sottostazione e degli aerogeneratori

10.1. Rimozione aerogeneratori e ripristino area piazzole e viabilità di servizio

La rimozione degli aerogeneratori verrà effettuata da ditte specializzate nel campo delle demolizioni industriali, che provvederanno anche al recupero dei materiali.

Le torri degli aerogeneratori verranno smontate e ridotte in pezzi tali da consentirne il trasporto presso aziende di riciclaggio.

Allo stesso modo, i rottami ricavati dalla demolizione degli aerogeneratori verranno conferiti in impianti dedicati allo smaltimento e riciclaggio dell'acciaio. Si stima di poter ricavare complessivamente dalla demolizione circa 10.000 tonnellate di materiale che verranno in buona parte riutilizzate, infatti tutte le componenti metalliche dell'impianto saranno sicuramente recuperate e vendute o riutilizzate in fase di dismissione.

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 36 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

I plinti di fondazione degli aerogeneratori verranno demoliti fino alla quota di -1 m dal piano di campagna, e i materiali di risulta verranno trasportati ad apposita discarica. Il ripristino delle aree occupate dalle piazzole e dalla viabilità a servizio degli aerogeneratori avverrà secondo le seguenti fasi:

- rimozione di parte del terreno di riporto per le piazzole in rilevato. Il materiale di risulta sarà utilizzato per coprire le parti in scavo o trasportato a discarica.
- disfacimento della pavimentazione, costituita da uno strato di fondazione con misto granulare naturale e dal soprastante strato di finitura. Trasporto a discarica del materiale
- Stesa e modellazione di terra da coltivo.

10.2. Rimozione sottostazione elettrica e cavi elettrici

La sottostazione elettrica e tutte le sue apparecchiature al suo interno verranno demolite e dismesse alla fine della vita utile dell'impianto. L'area verrà ripristinata alle condizioni iniziali mediante stenditura di terra da coltivo.

Durante le operazioni di dismissione dell'impianto verranno demoliti i pozzetti di ispezione dei cavidotti e verranno sfilati dagli stessi i cavi elettrici.

Il rame ricavato dai cavi verrà venduto a specifiche imprese che provvederanno al suo riciclaggio.

10.3. Costi di dismissione

I costi complessivi di dismissione per il parco eolico in oggetto (che verranno recuperati in buona parte con il riutilizzo delle materie prime che compongono il Parco eolico – quali acciaio, ferro materiali elettrici etc....) sono stati stimati in circa € 5.000.000,00 di cui circa € 1.800.000,00 relativi alla sola parte elettrica.

11. Cronoprogramma dei lavori

I tempi di realizzazione dei lavori, elaborato nella fase progettuale, è costituito da quattro fasi principali che si svilupperanno nella sequenza di seguito descritta. Si ricorda che i tempi sono indicati a partire dell'operatività della fase di attuazione del progetto.

Fase 1:

- Puntuale definizione delle progettazioni esecutive delle strutture e degli impianti;
- Preparazione del cantiere ed esecuzione delle recinzioni necessarie;

Fase 2:

- *Picchettamento delle piazzole su cui sorgeranno le torri;*
- *Tracciamento della viabilità di servizio e delle aree da cantierare;*
- *Esecuzione dei cavidotti interni alle aree di cantiere;*
- *Esecuzione della viabilità.*

ORUNE Wind Srl Ing. Sergio Lai	N° Doc. IT-VesOru-CLP-CIV-TR-02	Rev 0	Pagina 37 di 37
--	------------------------------------	-------	--------------------

Fase 3:

- *Esecuzione degli scavi;*
- *Realizzazione delle opere di fondazione;*
- *Ultimazione della rete elettrica;*
- *Realizzazione dei cavidotti esterni;*
- *Installazione degli aerogeneratori;*
- *Realizzazione e montaggio dei quadri elettrici di progetto;*
- *Collegamenti elettrici.*

Fase 4:

- *Realizzazione delle parti edilizie accessorie nella sottostazione;*
- *Allacciamento delle linee;*
- *Completamento definitivo dell'impianto ed avviamento dello stesso;*
- *Commissioning e collaudo delle opere realizzate;*
- *Smobilizzo di ogni attività di cantiere*

Per la realizzazione dell'impianto è previsto un tempo complessivo massimo di mesi 20