



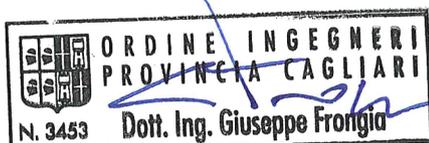
PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 99 MW
DENOMINATO “PERDA PINTA” DA REALIZZARSI NEL
COMUNE DI NUORO (NU) CON LE RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE ELETTRICHE.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE – QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Rev. 0.0

Data: Novembre 2022

WIND008-RA3



Committente:

Nuoro Wind S.r.l.
Corso di Porta Vittoria n. 9
20122 Milano (MI)
C. F. e P. IVA: 12332370969
PEC: nuorosrl@mailcertificata.net

Incaricato:

Queequeg Renewables, ltd
Unit 3.03, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.co.uk

Progettazione e SIA:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.



www.iatprogetti.it

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e Progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Dott.ssa Pian. Veronica Fais

Ing. Gianluca Melis

Ing. Andrea Onnis

Dott.ssa Pian. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Maria Francesca Lobina e Dott. Geol. Mauro Pompei

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

SOMMARIO

1	Introduzione.....	5
2	Norme tecniche che regolano la realizzazione dell'opera	5
3	Descrizione del processo produttivo.....	8
4	Analisi alternative progettuali	9
4.1	Premessa.....	9
4.2	La scelta localizzativa	10
4.3	Alternative di layout.....	10
4.3.1	Alternative progettuali ragionevoli	12
4.4	"Opzione zero" e prevedibile evoluzione del sistema ambientale in assenza dell'intervento	15
5	Caratteristiche tecniche dell'opera e motivazioni delle scelte progettuali	17
5.1	Producibilità energetica dell'impianto	17
5.2	Gli interventi in progetto	17
5.3	Infrastrutture elettriche.....	20
5.3.1	Premessa.....	20
5.3.2	Aerogeneratori.....	20
5.3.3	Distribuzione dell'energia e collegamento tra gli aerogeneratori.....	24
5.3.4	Quadro elettrico a 36 kV – collettore d'impianto	28
5.3.5	Impianto di rete per la connessione – stallo 36 kV	30
6	Opere stradali	34
6.1	Viabilità di accesso al sito.....	34
6.2	Viabilità di servizio e piazzole.....	34
6.2.1	Premessa.....	34
6.2.2	Criteri di scelta del tracciato e caratteristiche costruttive generali della viabilità di servizio....	35
6.3	Piazzole di servizio: principali caratteristiche costruttive e funzionali	57
6.4	Fondazione aerogeneratore.....	58
6.5	Opere di regolazione dei deflussi.....	61
6.6	Interventi di ripristino, mitigazione e compensazione ambientale	62
6.6.1	Criteri generali	62
6.7	Misure di compensazione e miglioramento ambientale.....	63
6.8	Superfici occupate	64
6.9	Movimenti terra.....	65
6.10	Rischio di incidenti	67
6.10.1	Principali rischi per la sicurezza individuabili.....	67
6.10.2	Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore.....	69
7	Dismissione e ripristino dei luoghi	74
8	Cantierizzazione e messa a regime	74

8.1	Premessa.....	74
8.2	Caratteristiche delle lavorazioni.....	76
8.2.1	Opere civili dell'impianto eolico.....	76
8.2.2	Fornitura e montaggio dell'aerogeneratore	77
8.2.3	Opere per la realizzazione delle line elettriche e connessione alla RTN	77
9	Cronoprogramma preliminare dei lavori.....	77

1 Introduzione

Con riferimento al parco eolico denominato "*Perda Pinta*", nel comune di Nuoro (NU), proposto dalla Yinson Holdings Berhad, attraverso la controllata Nuoro Wind S.r.l., la presente sezione dello SIA descrive il progetto e le soluzioni adottate nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa tecnica, da quella ambientale e dalla pianificazione territoriale.

Verranno di seguito richiamate le motivazioni all'origine della decisione di procedere alla realizzazione dell'intervento proposto e saranno illustrate ragioni tecniche delle scelte progettuali operate. Particolare attenzione è stata rivolta, inoltre, alla descrizione delle misure ed accorgimenti che si è ritenuto opportuno adottare al fine di assicurare un accettabile inserimento dell'opera nell'ambiente.

Per ogni maggiore dettaglio circa le caratteristiche costruttive e gestionali dell'impianto eolico si rimanda all'esame relazioni componenti il progetto definitivo delle opere civili e delle infrastrutture elettriche.

2 Norme tecniche che regolano la realizzazione dell'opera

L'impianto dovrà essere realizzato "a regola d'arte", sia per quanto riguarda le caratteristiche di componenti e materiali sia per quel che concerne l'installazione. A tal fine dovranno essere rispettate norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali richiamate nella presente relazione.

Le principali leggi, norme e regolamenti cui il presente progetto si uniforma sono nel seguito richiamate.

Norme tecniche

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.
- CEI 99-3 (CEI EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 20-89 - Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di MT.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Riferimenti legislativi

- Decreto FER1. Decreto 4 luglio 2019 Incentivazione dell'energia elettrica prodotta dagli impianti eolici *on shore*, solari fotovoltaici, idroelettrici e a gas residuati dei processi di depurazione. (19A05099) (GU Serie Generale n.186 del 09-08-2019)

- L.R. N°43/89 del 20 Giugno 1989 "Norme in materia di opere concernenti linee ed impianti elettrici".
- Decreto 22 Gennaio 2008, n. 37 – (sostituisce Legge 46/90) – Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (G.U. n. 61 del 12-3-2008).
- Decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Suppl. Ordinario n.108) – (sostituisce e abroga tra gli altri D. Lgs. 494/96, D.Lgs. n. 626/94, D.P.R. n. 547/55).

Opere in cemento armato

- Legge n. 1086 del 5/11/1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge n. 64 del 2/2/1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- Circ. M. LL.PP. 14 febbraio 1974, n. 11951, "Applicazione delle norme sul cemento armato".
- Circ. M. LL.PP. 9 gennaio 1980, n. 20049. "Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato".
- D. M. 11/3/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Ministero LL.PP. 24/9/1988 n. 30483: "Legge n.64/1974 art. 1 - D.M. 11/3/1988. Norme tecniche su terreni e rocce, stabilità di pendii e scarpate, progettazione, esecuzione, collaudo di opere di sostegno e fondazione".
- D.M. del 14/2/1992. "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 9/1/1996. "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 16/1/1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. 16/1/1996. "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi".

- Circolare M.LL.PP. 04/07/1996 n. 156 AA.GG./STC. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" di cui al D.M. 16/1/1996".
- Circolare M. LL.PP. 15/10/1996, n. 252. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato ordinario e precompresso e per strutture metalliche" di cui al D.M. 9/1/1996".
- Circolare 10/4/1997 n. 65 AA.GG. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20/03/2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Norma Italiana CEI ENV 61400-1. "Sistemi di generazione a turbina eolica. Parte 1: Prescrizioni di sicurezza". Data di pubblicazione 06-1996.
- Norma internazionale IEC 61400-1 "*Wind Turbine Safety and Design*" del 1999.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3431 del 03/05/2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- UNI-EN 1992-1-1 2005: Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-ENV 1994-1-1 1995: Progettazione delle strutture composte acciaio calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- D.M. 17/1/18 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicato sulla G.U. del 20/2/18.

Sicurezza e salute sui luoghi di lavoro

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 (81/08) Titolo IV D.Lgs 81/08 (cantieri temporanei o mobili)
- Decreto - 22 gennaio 2008, n. 37 - Regolamento installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- L. 3 agosto 2007 n. 123 - Salute e sicurezza sul lavoro
- Circ. 3 novembre 2006 n. 1733 - Lavoro nero
- Determinazione 26 luglio 2006 n. 4/2006 - Sicurezza nei cantieri temporanei o mobili
- Art. 36 bis Decr. Legge 4 luglio 2006 n. 223
- Art. 131 D. Lgs 12 aprile 2006 n. 163
- D. Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE

- Circ. ISPESL 28 dicembre 2004, n. 13 - Impianti di terra e scariche atmosferiche
- D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 - Emissione acustica macchine all'aperto
- Circ. ISPESL 2 aprile 2002, n. 17 - Scariche atmosferiche e impianti elettrici
- D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462 - Scariche atmosferiche e impianti elettrici
- D.Lgs. 2 gennaio 1997, n. 10 - Dispositivi protezione individuale
- Circ. 6 marzo 1995, n. 3476 - Impianti da terra e scariche atmosferiche
- Circ. ISPESL 2 novembre 1993, n. 16089 - Reti di sicurezza
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 - Prodotti da costruzione
- D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 - Dispositivi protezione individuale
- D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 - Igiene del lavoro

Come accennato in precedenza, l'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, andranno comunque applicate.

Infine, qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si dovranno applicare le norme più recenti.

3 Descrizione del processo produttivo

L'impianto eolico in progetto sarà composto da n. 15 aerogeneratori in grado di funzionare autonomamente e di produrre energia elettrica da immettere in rete dopo le necessarie fasi di trasformazione della tensione.

L'aerogeneratore proposto presenta una torre ibrida acciaio-calcestruzzo dell'altezza di 135 m alla cui sommità è fissata una "navicella", che supporta un "rotore" di tipo tripala avente diametro 170 m.

All'interno della navicella della turbina eolica è alloggiato un generatore elettrico asincrono che è collegato al rotore mediante opportuni sistemi meccanici di riduzione/moltiplicazione dei giri, di frenatura e di regolazione della velocità.

La macchina eolica, per azione del vento sulle pale, converte l'energia cinetica del flusso d'aria (vento) in energia meccanica all'asse mettendo in movimento il rotore del generatore e determinando, in tal modo, la produzione di energia elettrica.

La navicella è posizionata su un supporto-cuscinetto e si orienta, attraverso un sistema di controllo automatico, in funzione della direzione del vento in modo da assicurare costantemente la massima esposizione al vento del rotore.

Il sistema di controllo automatizzato, oltre a vigilare sull'integrità della macchina, impedendo il raggiungimento di situazioni di esercizio pericolose, esegue anche il controllo della potenza, effettuato mediante rotazione delle pale intorno al loro asse principale (regolazione del passo - *pitch regulation*), in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento della singola pala.

Concettualmente, assunta la curva tipica di indisponibilità di un generatore, l'energia elettrica annua producibile dalla macchina eolica [We] è esprimibile come sommatoria dei prodotti della potenza [P(v)] erogata in corrispondenza di una generica velocità del vento [v], per il numero di ore annue alle quali il vento spira a quella data velocità [T(v)]:

$$We = \sum [P(v) \cdot T(v)]$$

La potenza complessiva del parco eolico sarà di 99 MW, coincidente con la potenza elettrica in immissione stabilita dal preventivo di connessione rilasciato dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna) con codice pratica 202101526 del 21/07/2022.

In base alla attuale configurazione delle infrastrutture di rete, si ipotizza che l'impianto possa essere collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana".

Nello scenario progettuale prospettato, l'elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale alla citata stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

In base ai dati anemologici disponibili ed alle caratteristiche di funzionamento dell'aerogeneratore prescelto la società proponente ha stimato una produzione energetica pari a circa **299.475 MWh** di energia immessa in rete a P75.

4 Analisi alternative progettuali

4.1 Premessa

Come evidenziato in sede di progetto, la società Nuoro Wind S.r.l. ha come obiettivo lo sviluppo, la realizzazione e la gestione di impianti di produzione energetica a fonte rinnovabile.

Sulla base della lunga esperienza maturata nello specifico settore, dell'approfondita conoscenza del territorio regionale e delle sue potenzialità anemologiche, la Società ha da tempo individuato, nel territorio della Regione Sardegna, alcuni siti idonei per la realizzazione di impianti eolici.

Tra i siti eolici individuati, quello nel comune di Nuoro è apparso di particolare interesse in virtù del favorevole potenziale energetico, di accessibilità e insediative.

In fase di studio preliminare e di progetto sono state attentamente esaminate le possibili soluzioni alternative relativamente alla configurazione di layout nonché alla scelta della tipologia di aerogeneratore da installare.

Nel seguito saranno illustrati i criteri che hanno orientato le scelte progettuali e si procederà a ricostruire un ipotetico scenario conseguente alla cosiddetta "opzione zero", ossia di non realizzazione degli interventi.

4.2 La scelta localizzativa

Come ampiamente evidenziato negli elaborati del Progetto e del SIA, la scelta del sito di "Perda Pinta" per la realizzazione di una centrale eolica presenta numerosi elementi favorevoli, di seguito sinteticamente riassunti, che investono questioni di carattere economico-gestionale nonché aspetti di rilevanza paesaggistico-ambientale. La concomitanza di tali circostanze rende il sito in esame certamente di interesse nel panorama regionale delle aree destinabili allo sfruttamento dell'energia eolica.

Sotto il profilo tecnico si evidenzia come la localizzazione prescelta assicuri condizioni anemologiche vantaggiose per la produzione di energia elettrica dal vento, delineando prospettive di producibilità energetica di sicura rilevanza, a livello regionale e nazionale.

La breve distanza delle installazioni eoliche al punto di connessione alla RTN, individuato in Zona Industriale di Nuoro – Prato Sardo presso la sezione a 36kV di una futura SE RTN di Terna a 220kV da inserire in entra – esce alla linea 150kV "Taloro – Siniscola 2", inoltre, prefigura adeguate condizioni di allaccio degli aerogeneratori alla rete di trasmissione nazionale e, conseguentemente, un accettabile lunghezza dei cavidotti di trasporto dell'energia elettrica.

Sotto il profilo dell'accessibilità, l'ipotesi di progetto relativa al trasporto degli aerogeneratori dallo scalo portuale di Oristano delinea favorevoli condizioni di trasferimento della componentistica delle macchine eoliche, assicurate dalla preesistenza di un'efficiente rete viaria di livello statale e provinciale di collegamento.

Ai fini dello sviluppo dell'iniziativa vanno, infine, evidenziate le favorevoli condizioni ambientali generali dell'altopiano che caratterizza il sito in oggetto, riferibili alla bassa densità insediativa, alle idonee condizioni geologiche e morfologiche locali, contraddistinte da un ambito granitico, alle accettabili condizioni infrastrutturali e di accessibilità generali.

4.3 Alternative di layout

La fase ingegneristica di definizione del layout di impianto è stata accompagnata dallo sviluppo di studi ambientali specialistici finalizzati ad ottimizzare il posizionamento locale delle macchine eoliche sul terreno; ciò nell'ottica di contenere al minimo le interazioni degli interventi con le principali componenti ambientali

"bersaglio" riconducibili alle emergenze paesaggistiche, agli aspetti vegetazionali, floristici e faunistici, a quelli geologici, idrologici e geomorfologici nonché alle permanenze di interesse storico-archeologico. Tale percorso iterativo ha inteso perseguire, tra l'altro, la più ampia aderenza del progetto - per quanto tecnicamente fattibile e laddove ciò sia stato ritenuto motivato da effettive esigenze di tutela ambientale e paesaggistica - ai criteri di localizzazione e buona progettazione degli impianti eolici individuati nella Deliberazione G.R. Sardegna n. 59/90 del 27/11/2020.

Più specificamente la posizione sul terreno delle turbine eoliche, definita e verificata sotto il profilo delle interferenze aerodinamiche dalla Società, è stata studiata sulla base di numerosi fattori di carattere tecnico-realizzativo e ambientale con particolare riferimento ai seguenti:

- Limitare le interazioni con gli ambiti caratterizzati da maggiore integrità dei valori paesaggistici e identitari del territorio;
- minimizzare la realizzazione di nuovi percorsi viari, impostando la viabilità di impianto, per quanto tecnicamente fattibile, su strade o percorsi rurali esistenti;
- contenimento delle mutue interferenze aerodinamiche delle turbine per minimizzare le perdite energetiche per effetto scia nonché gli effetti di turbolenza;
- privilegiare aree stabili dal punto di vista geomorfologico e geologico-tecnico ottimizzando la distanza delle macchine eoliche dai pendii più acclivi per scongiurare potenziali rischi di instabilità delle strutture;
- privilegiare l'installazione delle macchine entro contesti a conformazione piana o regolare per contenere opportunamente le operazioni di movimento terra conseguenti all'approntamento di strade e piazzole;
- assicurare una appropriata distanza delle proposte installazioni eoliche da edifici riconducibili all'accezione di "ambiente abitativo", sempre superiore ai 500 metri¹.

Più specificamente, la configurazione di impianto che è scaturita dalla fase di analisi progettuale ha escluso il manifestarsi di problematiche tecnico-ambientali riferibili ai seguenti aspetti:

- interferenza diretta con i principali siti di interesse storico-culturale censiti nel territorio;

¹ Ciò ad esclusione di 1 fabbricato con categoria catastale "A" (F039) che si trova ad una distanza inferiore ai 500m dagli aerogeneratori WTG004 e WTG006. In base a informazioni acquisite dalla società proponente, poiché il predetto fabbricato è di titolarità del proprietario del terreno coinvolto nell'iniziativa, nello scenario di realizzazione del parco eolico entrerà a far parte del patrimonio della Nuoro Wind S.r.l. ed assumerà destinazione funzionale di fabbricato di servizio funzionale all'operatività dell'impianto, con presenza di persone solo saltuaria ed occasionale, variando conseguentemente la categoria catastale

- incremento del rischio geologico-geotecnico in corrispondenza delle piazzole di cantiere funzionali al montaggio degli aerogeneratori;
- introduzione o accentuazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

Come evidenziato nelle altre sezioni dello SIA, l'area individuata per la realizzazione dell'impianto eolico non ricade all'interno di nessun Sito di Importanza Comunitaria (SIC/ZSC). Il SIC più vicino, denominato "*Monte Gonare*", è distante circa 11 km dall'aerogeneratore più vicino. L'area individuata per la realizzazione dell'impianto eolico non ricade all'interno di alcuna Zona a Protezione Speciale (ZPS). La ZPS più vicina, denominata "*Monte Ortobene*" è distante circa 5,7 km dall'aerogeneratore più vicino, non si rilevano inoltre interferenze con alcuna area IBA.

Ad ogni buon conto, nella consapevolezza dell'opportunità di assicurare una adeguata tutela dell'avifauna e della chiroterofauna, nel mese di luglio 2022 è stata avviata l'esecuzione di un monitoraggio faunistico di lungo termine sulle aree di intervento (durata 12 mesi), finalizzato ad evidenziare la presenza di specie sensibili, eventualmente esposte al rischio di impatto per effetto della realizzazione del parco eolico.

In definitiva, il quadro complessivo di informazioni e di riscontri che è ad oggi scaturito dall'analisi di fattibilità del progetto, ha condotto a ritenere che la scelta localizzativa di "Perda Pinta" presenti condizioni favorevoli, sotto il profilo tecnico-gestionale, alla realizzazione di una moderna centrale eolica e derivanti principalmente da:

- le buone condizioni di ventosità del sito, conseguenti alle particolari condizioni di esposizione ed altitudine;
- le favorevoli condizioni di infrastrutturazione elettrica e di accessibilità generali;
- la possibilità di sfruttare utilmente, per le finalità progettuali, un sistema articolato di strade locali, in accettabili condizioni di manutenzione e con caratteristiche geometriche sostanzialmente idonee al transito dei mezzi di trasporto della componentistica degli aerogeneratori, a meno di limitati adeguamenti;
- la disponibilità di adeguati spazi potenzialmente idonei all'installazione di aerogeneratori, in rapporto alla bassissima densità abitativa che caratterizza l'area.

4.3.1 Alternative progettuali ragionevoli

L'evoluzione del layout in fase progettuale è stata caratterizzata dall'analisi di varie possibili alternative che, attraverso un processo iterativo di verifica rispetto ai numerosi condizionamenti, sia di carattere tecnico che inerenti alla normativa paesaggistico-ambientale applicabile, hanno portato all'individuazione del layout proposto.

Di fatto, i criteri che hanno determinato l'evoluzione del layout in fase progettuale sono stati molteplici; si sono, infatti, progressivamente stratificate scelte relative ai rapporti spaziali con ricettori e alle aree vincolate paesaggisticamente, o comunque potenzialmente "non idonee" rispetto alla normativa regionale e nazionale di settore, in un processo continuo di affinamento ed ottimizzazione delle scelte localizzative.

L'originaria ipotesi di layout - già ottimizzata sotto il profilo dell'aderenza alla normativa ambientale e paesaggistica - contemplava un maggior numero di aerogeneratori (19 wtg), disposti secondo una direttrice SW-NE, tutti in territorio comunale di Nuoro, con l'aerogeneratore 001 (a SW) al limite con il confine comunale Nuoro - Orani e l'aerogeneratore a NE (012) al limite con il comune di Orune (Figura 4.1).

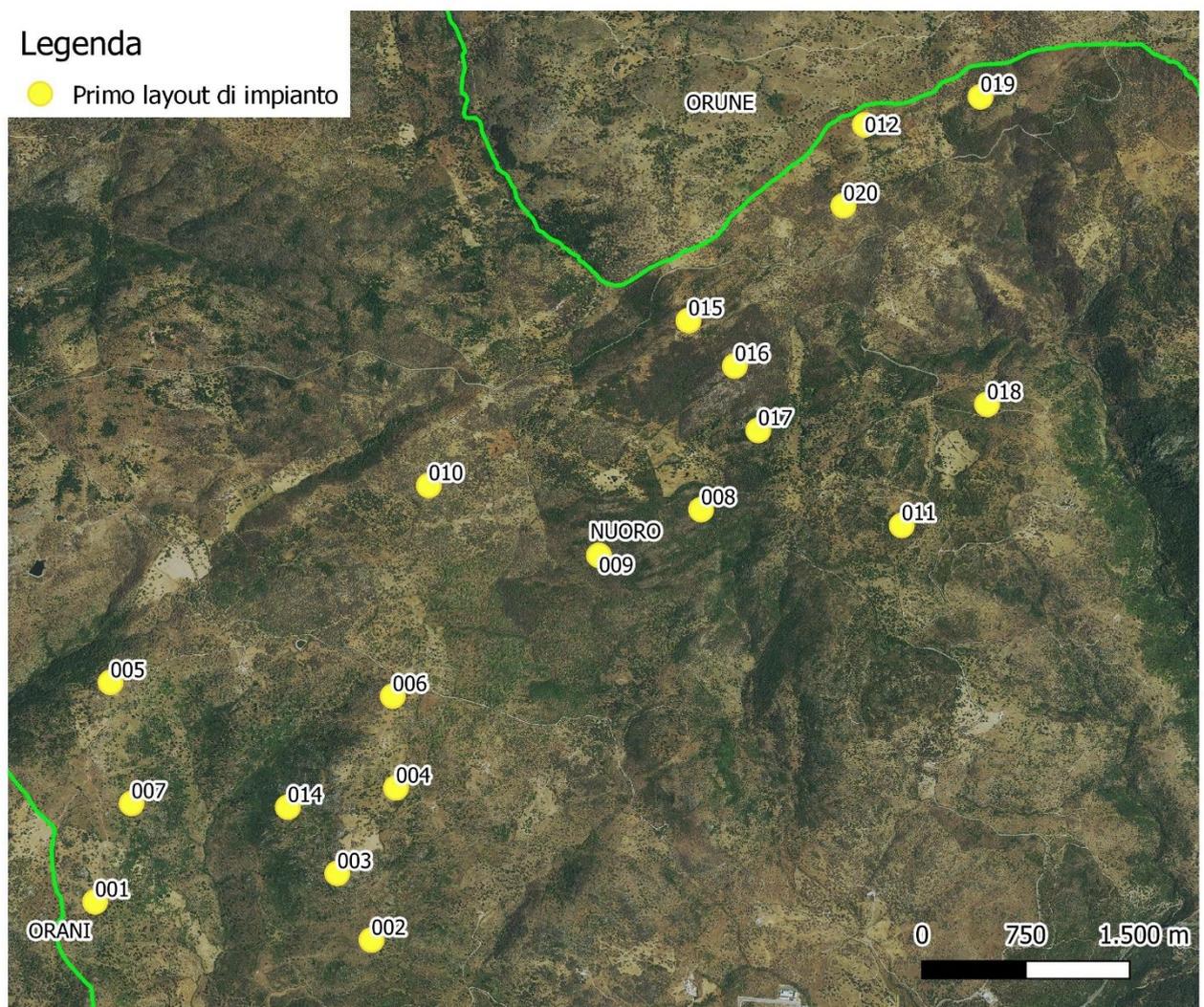


Figura 4.1 – Distribuzione degli aerogeneratori nel primo layout di progetto

Con riferimento al cluster meridionale, nell'ambito del processo di valutazione e analisi del rendimento energetico del parco si è optato per la rinuncia alle postazioni eoliche 007 e 014.

Volgendo l'attenzione al settore nord, invece, poiché gli aerogeneratori 011 e 020 ricadevano all'interno di un buffer di rispetto da una linea elettrica AT, individuato come criterio a protezione del potenziale rischio di ribaltamento della turbina, si è deciso di eliminare anche queste due postazioni.

In definitiva, la descritta evoluzione dell'originario layout è scaturita nella seconda alternativa composta da 15 aerogeneratori raffigurata in Figura 4.2.

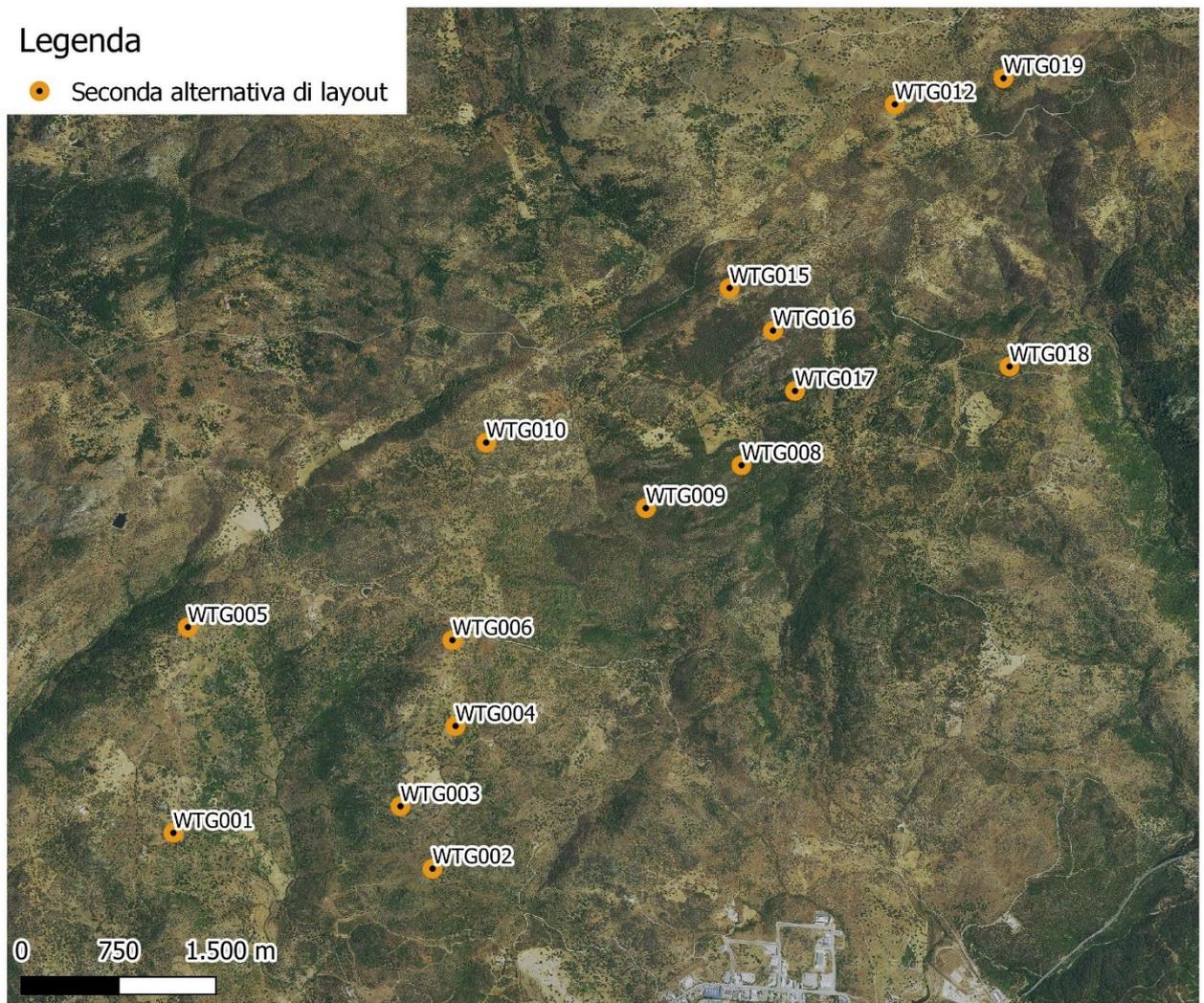


Figura 4.2 – Distribuzione degli aerogeneratori nel secondo layout di progetto

Partendo dalla suddetta configurazione, i successivi approfondimenti e sviluppi progettuali di dettaglio hanno condotto a prevedere ulteriori limitati spostamenti, orientati ad ottimizzare le condizioni di accessibilità ed i movimenti di terra, dai quali è scaturito il layout progettuale definitivo formante l'oggetto del presente SIA.

4.4 "Opzione zero" e prevedibile evoluzione del sistema ambientale in assenza dell'intervento

Come più volte evidenziato all'interno del presente SIA, l'intervento proposto si inserisce in un quadro programmatico internazionale e nazionale di deciso impulso all'utilizzo delle fonti rinnovabili. Sotto questo profilo lo scenario di riferimento ha subito, nell'ultimo decennio, importanti mutamenti; ciò nella misura in cui l'Unione Europea ha posto in capo all'Italia obiettivi di ricorso alle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) progressivamente più ambiziosi ed è, nel contempo, cresciuta sensibilmente la consapevolezza collettiva circa l'opportunità di perseguire, sotto il profilo della gestione delle politiche energetiche, una più incisiva inversione di rotta al fine di ridurre l'emissione di gas climalteranti. Tale evoluzione del pensiero comune rispetto alle tecnologie proposte, favorita anche dalla crescente diffusione degli impianti eolici nel paesaggio italiano, rappresenta certamente un aspetto significativo del progresso culturale in atto e riveste un ruolo determinante nella prospettiva di integrazione paesaggistica di queste installazioni.

La decisione di dar seguito alla realizzazione del parco eolico denominato "Perda Pinta" è dunque maturata in tale quadro generale ed è scaturita da approfondite valutazioni tecnico-economiche e ambientali, formanti oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale.

Per quanto riguarda la "Alternativa Zero", come detto, la stessa è stata analizzata e scartata nell'ambito del presente SIA, non essendo stati riconosciuti impatti significativi irreversibili o non mitigabili rispetto alla soluzione progettuale proposta. Taluni fattori di impatto potenziali, infatti, risultano efficacemente contenuti dagli accorgimenti progettuali previsti (si pensi al minimo consumo di suolo in fase di esercizio o, ove ciò si renda indispensabile - circostanza questa ritenuta improbabile alla luce delle analisi e valutazioni condotte - alla possibilità di contenere l'impatto acustico attraverso sistemi automatici di regolazione della potenza sonora sviluppata dalle turbine). Rispetto alla componente "Paesaggio", quantunque l'effetto visivo associato all'installazione degli aerogeneratori non possa essere evitato, il progetto ha comunque ricercato le soluzioni dimensionali e geometriche (disposizione prevalente delle macchine secondo l'allineamento principale sudovest-nordest) per favorire l'inserimento visivo.

Atteso che gli effetti paesaggistici (essenzialmente di natura percettiva) sono transitori e completamente reversibili, essendo legati alla vita utile dell'impianto eolico, è palese che ogni valutazione di merito circa l'accettabilità di tali effetti debba necessariamente scaturire da un bilanciamento dell'ineluttabile alterazione del "paesaggio percepito" con le positive e significative ripercussioni ambientali attese nell'azione di contrasto ai cambiamenti climatici, auspicata e rimarcata dai più recenti protocolli internazionali e dal recente PNRR, nonché rispetto al contributo al raggiungimento dell'autosufficienza energetica della nazione.

A tale riguardo va segnalato come anche importanti associazioni ambientaliste stiano considerando i parchi eolici come moderni elementi attrattivi verso la fruizione di luoghi esterni ai circuiti turistici più frequentati, poco conosciuti e che rappresentano oggi uno dei laboratori più interessanti per la transizione

energetica: *"È il fascino di queste grandi e moderne macchine per produrre energia dal vento inserite tra montagne e boschi, dolci colline coltivate a grano, ma anche punti di osservazioni verso meravigliose visuali che spaziano dal mare alle montagne"* (Legambiente, "Parchi del vento" la prima guida turistica dedicata ai parchi eolici italiani).

D'altro canto, inoltre, come evidenziato nell'Analisi costi-benefici (Elaborato WIND008-RA17), l'intervento delinea significative ricadute socio-economiche, anche di portata "ambientale", di seguito sinteticamente elencate, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- Realizzazione di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sulla viabilità e segnaletica miranti al contenimento dell'inquinamento acustico e ambientale, anche attraverso la realizzazione di opere che determinano una maggiore fluidità del traffico o riducono l'inquinamento (es. rifacimento/manutenzione stradale anche con asfalto fonoassorbente);
- creazione di nuovi percorsi di fruizione turistica e valorizzazione di siti panoramici;
- interventi di regimazione idraulica o riduzione del rischio idraulico;
- interventi di stabilizzazione/consolidamento di versanti;
- sostegno alla lotta agli incendi boschivi in coordinamento con il Corpo Forestale e la Protezione Civile;
- contributo azioni e interventi di protezione civile a seguito di calamità naturali;
- realizzazione di interventi sulla rete idrica fognaria;
- realizzazione / sistemazione di piste ciclabili e percorsi pedonali;
- acquisto automezzi, mezzi meccanici ed attrezzature per la gestione del patrimonio comunale (territorio, viabilità, impianti);

Interventi di efficientamento energetico:

- contributo all'installazione di impianti fotovoltaici su immobili comunali;
- installazione di sistemi di illuminazione a basso consumo e/o a basso inquinamento luminoso;
- acquisto di mezzi di trasporto pubblici basso emissivi;
- interventi finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici comunali;
- contributo alla creazione di comunità energetiche.

In questa prospettiva, nel segnalare i perduranti segni di crisi dell'economia agricola, particolarmente avvertita nei centri dell'interno della Sardegna, rispetto ai quali il Nuorese non fa eccezione, non si può disconoscere come la stessa costruzione del parco eolico, attraverso le numerose opportunità che la stessa sottende (cfr. Quadro di riferimento ambientale), possa contribuire all'individuazione di modelli di sviluppo

territoriale e socio-economico complementari e sinergici, incentrati sulla gestione integrata e valorizzazione delle risorse naturali e storico-culturali e sul razionale uso dell'energia, come auspicato dal D.M. 10/09/2010.

Al riguardo, devono necessariamente segnalarsi le rilevanti difficoltà di numerosi comuni dell'interno rispetto alla definizione di programmi organici di gestione integrata delle valenze ambientali espresse dai propri territori, rispetto alla cui definizione, attuazione e monitoraggio il reperimento di adeguate risorse economiche diventa un problema centrale, acuitosi negli ultimi anni a seguito della contrazione dei trasferimenti statali agli enti locali.

5 Caratteristiche tecniche dell'opera e motivazioni delle scelte progettuali

Saranno di seguito sinteticamente descritti gli interventi che formano oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni tecniche ed agli elaborati grafici componenti il progetto delle infrastrutture civili e quello delle infrastrutture elettriche, allegati all'istanza di VIA.

5.1 Producibilità energetica dell'impianto

La produzione di energia elettrica annuale P75 del parco eolico al netto delle perdite è stimata dalla società proponente in **299.475 MWh**, ovvero 3.025 ore equivalenti considerando la potenza di immissione di 99 MW.

Tale produzione è stata calcolata per l'aerogeneratore di progetto avente diametro rotore pari a 170 m e altezza hub pari a 135 m.

5.2 Gli interventi in progetto

Al fine di garantire l'installazione e la piena operatività delle macchine eoliche saranno da prevedersi le seguenti opere:

- allestimento delle aree funzionali alla logistica del cantiere e delle aree di trasbordo dei componenti degli aerogeneratori da mezzi di trasporto eccezionale "standard" a mezzi di trasporto eccezionale "speciale" provvisti di dispositivo "alza pala" ("Blade Lifter");
- puntuali interventi di adeguamento della viabilità principale di accesso al sito del parco eolico, consistenti nella temporanea eliminazione di ostacoli e barriere o in limitati spianamenti/allargamenti stradali, al fine di renderla transitabile dai mezzi di trasporto della componentistica delle turbine (Elaborato *WIND008-RC14-Descrizione della viabilità principale di accesso al parco eolico ai fini del trasporto degli aerogeneratori*);

- allestimento della viabilità di cantiere dell'impianto da realizzarsi attraverso il locale adeguamento della viabilità esistente o, laddove indispensabile, prevedendo la creazione di nuovi tratti di viabilità; ciò per assicurare adeguate condizioni di accesso alle postazioni degli aerogeneratori, in accordo con le specifiche indicate dalla casa costruttrice delle turbine eoliche (Elaborati WIND008-TC1 ÷ WIND008-TC12);
- approntamento delle piazzole di cantiere funzionali all'assemblaggio ed all'installazione degli aerogeneratori (Elaborati WIND008-TC1 ÷ WIND008-TC13);
- realizzazione delle opere in cemento armato di fondazione delle torri di sostegno (Elaborato *WIND008-TC14- Schema fondazione aerogeneratore*);
- realizzazione delle opere di regimazione delle acque superficiali, attraverso l'approntamento di canali di scolo e tombinamenti stradali funzionali al convogliamento delle acque di ruscellamento diffuso e incanalato verso i compluvi naturali (Elaborato *WIND008-TC13 - Opere di regimazione acque superficiali - Planimetria generale*);
- installazione degli aerogeneratori;
- approntamento/ripristino di recinzioni, muri a secco e cancelli laddove richiesto;
- al termine dei lavori di installazione e collaudo funzionale degli aerogeneratori;
- esecuzione di interventi di sistemazione morfologico-ambientale in corrispondenza delle piazzole e dei tracciati stradali di cantiere; ciò al fine di ridurre l'occupazione permanente delle infrastrutture connesse all'esercizio del parco eolico, non indispensabili nella fase di ordinaria gestione e manutenzione dell'impianto, contenere opportunamente il verificarsi di fenomeni erosivi e dissesti e favorire un più equilibrato inserimento delle opere nel contesto paesaggistico;
- ripristino ambientale delle aree individuate per le operazioni di trasbordo della componentistica degli aerogeneratori e dell'area logistica di cantiere;
- esecuzione di mirati interventi di mitigazione e recupero ambientale, in particolar modo in corrispondenza delle scarpate in scavo e/o in rilevato, in accordo con quanto specificato nei disegni di progetto.

Ai predetti interventi, propedeutici all'installazione delle macchine eoliche, si affiancheranno tutte le opere riferibili all'infrastrutturazione elettrica:

- realizzazione delle trincee di scavo e posa dei cavi interrati a 36 kV di vettoriamento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori;
- realizzazione di una cabina elettrica con funzione di sezionamento delle linee a 36kV afferenti ai cluster di produzione del parco eolico;

- realizzazione delle opere di rete in accordo con la soluzione di connessione prospettata da Terna.

5.3 Infrastrutture elettriche

5.3.1 Premessa

La potenza complessiva del parco eolico sarà di 99 MW, coincidente con la potenza elettrica in immissione stabilita dal preventivo di connessione rilasciato dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna) con codice pratica 202101526 del 21/07/2022.

In base alla attuale configurazione delle infrastrutture di rete, si ipotizza che l'impianto possa essere collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana". In base alla attuale configurazione delle infrastrutture di rete, il posizionamento della nuova stazione RTN è stato ipotizzato in Zona Industriale di Prato Sardo, a breve distanza dal sito di progetto.

Nello scenario progettuale prospettato, l'elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale alla citata stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Secondo la suddetta ipotesi di connessione si individuano i seguenti elementi:

- stalli arrivo produttore a 36 kV nella stazione (impianto di rete per la connessione);
- cavidotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale alla citata stazione RTN (impianto di utenza per la connessione).

5.3.2 Aerogeneratori

5.3.2.1 *Aspetti generali*

L'impianto eolico in progetto sarà composto da n. 15 aerogeneratori per una potenza complessiva di 99 MW.

Il tipo di aerogeneratore previsto ("aerogeneratore di progetto") è ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza di 6,6 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro di 170 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;

- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il trasformatore di macchina e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore pari a 135 m;
- altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 220,0 m;
- diametro massimo alla base del sostegno tubolare: ~6 m;

5.3.2.2 *Dati caratteristici*

Posizione rotore: sopravento

Regolazione di potenza: a passo variabile

Diametro rotore: 170 m

Area spazzata: 22.698 m²

Direzione di rotazione: senso orario

Temperatura di esercizio: -20°C / +40°C

Velocità del vento all'avviamento: min 3 m/s

Arresto per eccesso di velocità del vento: 25 m/s

Freni aerodinamici: messa in bandiera totale

Numero di pale: 3

Modalità di trasporto di tutti i componenti da porto navale a sito: mezzi di trasporto eccezionale standard/speciali aventi uno snodo ed il componente fissato al rimorchio in senso orizzontale.

Modalità trasporto singola pala da area di trasbordo al sito di installazione: mezzo speciale "blade lifter" per il sollevamento della pala fino ad un'inclinazione di 60° rispetto al suolo.

La Curva di potenza dell'aerogeneratore di progetto (alla densità atmosferica del livello del mare) è riportata in Figura 3.

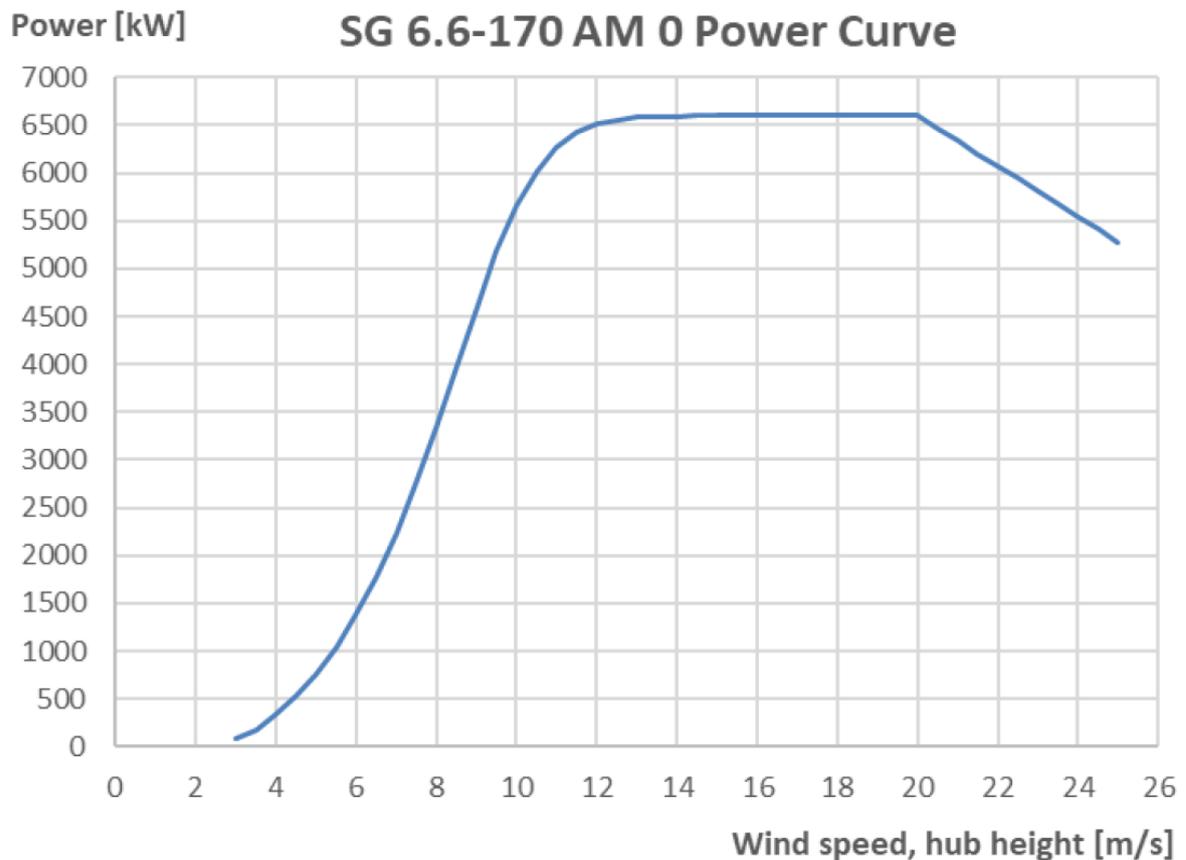


Figura 3 – Curva di potenza dell’aerogeneratore di progetto

Ai fini degli approfondimenti progettuali e dei relativi studi specialistici, si è assunto come riferimento il modello commerciale di aerogeneratore Siemens-Gamesa SG 6.6-170 H_{HUB} 135 m.

Le caratteristiche di dettaglio dei modelli commerciali sono state utilizzate, in particolare, ai fini di redigere:

- lo studio di impatto acustico;
- le verifiche strutturali preliminari;
- la progettazione trasportistica (componenti più pesanti e più ingombranti dei differenti modelli).

Per tutti gli altri aspetti progettuali sono state utilizzate le caratteristiche generali sopra riportate, sufficienti in particolare alla predisposizione del progetto civile ed elettrico, del report di producibilità (curato dalla Proponente) e dello studio di impatto ambientale



Figura 5.4 – Aerogeneratore Siemens-Gamesa tipo SG 6.6-170

Le caratteristiche geometriche principali delle macchine sono illustrate in .

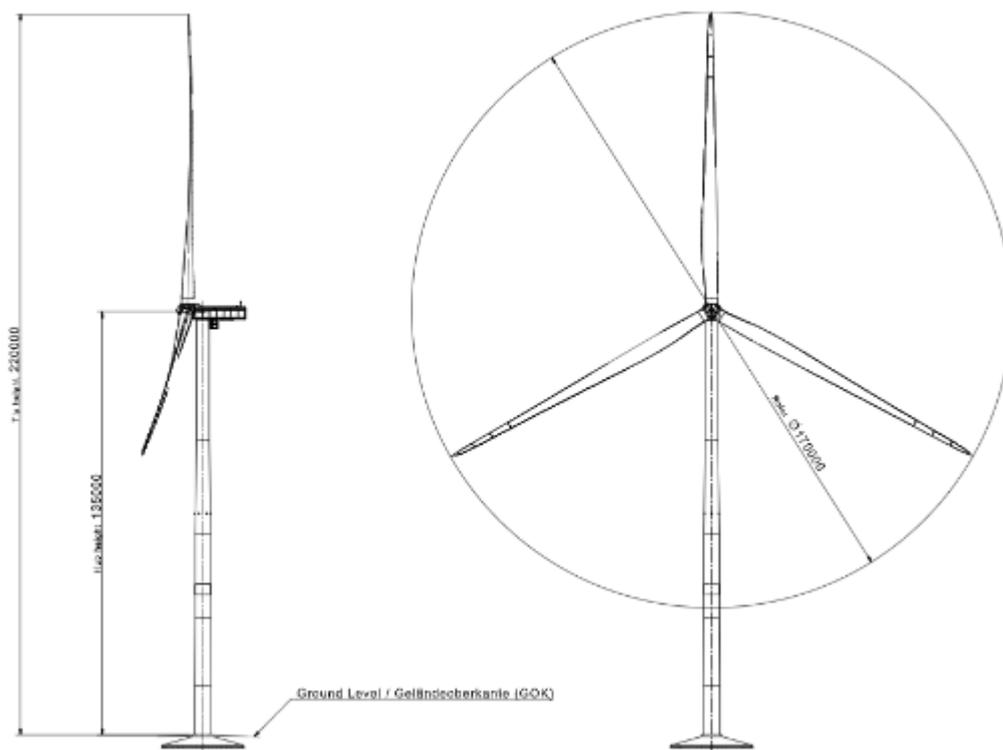


Figura 5.5 – Aerogeneratore tipo SG170 altezza al mozzo (1) 135 m, e diametro rotore (2) di 170 m

5.3.3 Distribuzione dell'energia e collegamento tra gli aerogeneratori

5.3.3.1 Schema elettrico dell'impianto e connessione alla RTN

L'energia prodotta dagli aerogeneratori in BT 690V a 50 Hz verrà trasformata a 36 kV in corrispondenza del trasformatore di macchina, e fatta confluire nel circuito principale per poi essere vettorializzata verso la cabina collettore d'impianto a 36 kV da cui partiranno le terne che si collegheranno alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana" per l'immissione dell'energia prodotta nella Rete elettrica di Trasmissione Nazionale.

Il trasporto dell'energia a 36 kV avverrà mediante cavidotti interrati, costituiti da cavi a 36 kV posati secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17.

I cavi che si prevede di utilizzare sono del tipo ARE4H1RX 36 kV con conduttore in alluminio, isolamento in politene reticolato (XLPE) e guaina in PVC, del tipo ad elica visibile.

La sezione dei cavi di ciascun tronco di linea è stata calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione delle turbine (6.600 kW).

Le sezioni scelte per i cavi sono tali da garantire una caduta di tensione in ciascuna linea ampiamente nei limiti determinati dalle regolazioni di tensione consentite dai trasformatori ed una perdita complessiva di potenza inferiore al 5%.

Lo schema di distribuzione è del tipo radiale, ed in Figura 5.6 è rappresentato lo schema elettrico unifilare.

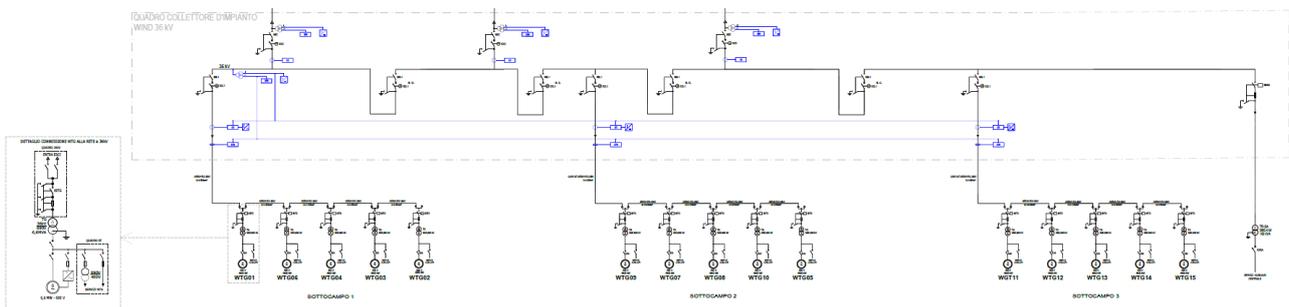


Figura 5.6 – Schema Unifilare Impianto Eolico "Perda Pinta"

5.3.3.2 Scavi e cavidotti

La connessione del produttore alla stazione RTN sarà realizzata secondo le indicazioni fornite dal gestore di rete, tramite stallo a 36 kV presso la futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra –

esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana" per l'immissione dell'energia prodotta nella Rete elettrica di Trasmissione Nazionale.

La modalità di connessione avverrà secondo le specifiche dell'allegato A2 - Appendice d – schemi e requisiti per le connessioni a 36 kV.

La possibile ubicazione della futura SE di Terna è riportata nell'Elaborato WIND008-TE10 - *Opere di connessione alla rete – Planimetria su ortofoto*.

La posa delle linee a 36 kV funzionali ai collegamenti tra gli aerogeneratori e tra questi e la cabina di smistamento e, infine, la futura SE RTN è interamente prevista interrata; all'uopo sono previsti scavi in trincea della profondità indicativa di 1.10 m e della larghezza dipendente dal numero di linee transitanti.

La posa della singola terna interrata sarà realizzata principalmente in configurazione a trifoglio, tranne nelle zone di attraversamento e di attestazione ai colonnini passanti, nelle quali la posa sarà in piano.

I materiali di scavo saranno utilizzati per il successivo riempimento degli scavi.

Sulla sommità dei cavi, effettuato il ricoprimento in sabbia, a metà scavo, è previsto un nastro segnalatore.

In Figura 5.7, si riportano alcune delle sezioni tipo di posa cavidotto su campo/cunetta e su strada asfaltata.

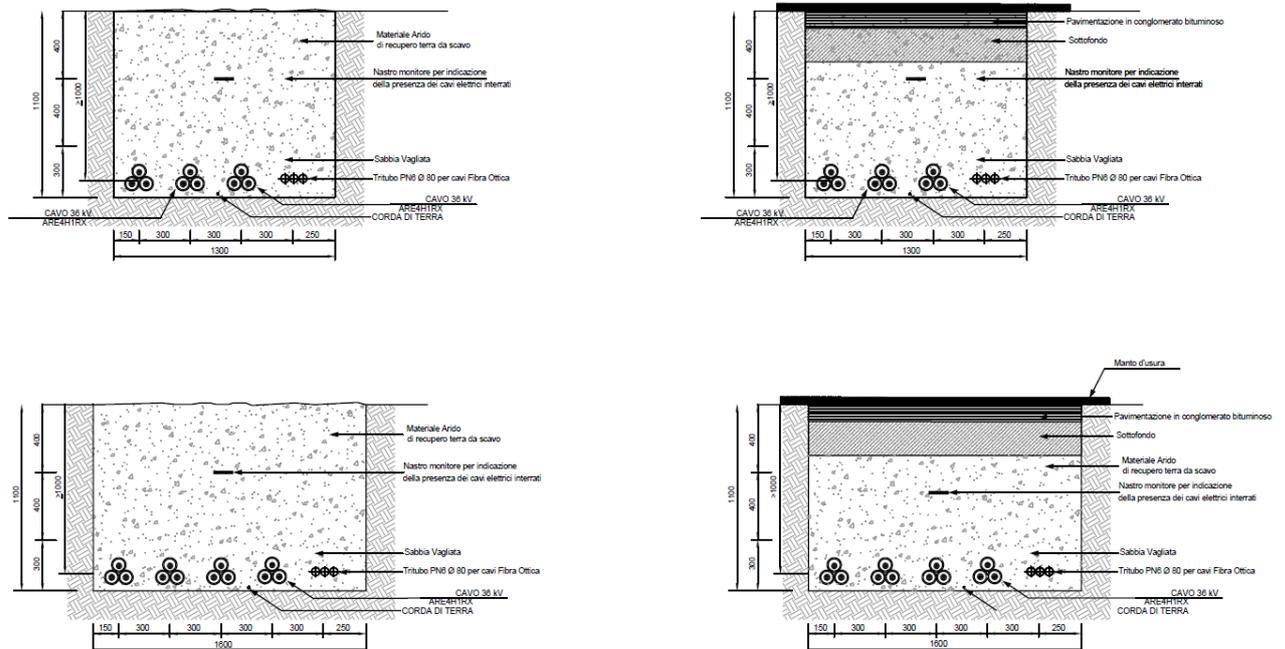


Figura 5.7 - Cavidotti in progetto tipo ARE4H1RX 36 kV con sezioni variabili 50 a 500mm²

Per ogni ulteriore dettaglio in merito si rimanda agli elaborati componenti il progetto delle opere elettromeccaniche.

5.3.3.3 Cavidotto a 36 kV – impianto di utenza per la connessione

L'impianto sarà collegato in antenna alla sezione 36 kV della futura SE RTN 150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea 150 kV " Taloro – Siniscola 2", a mezzo di nuovo cavidotto a 36 kV interrato.

Per la connessione della cabina colletttrice d'impianto con la futura SE RTN sopra citata verranno usati cavi a 36 kV unipolari di sezione pari a 630 mm² a corda rigida con conduttori in alluminio a spessore ridotto del tipo ARE4H1R - 36 kV, isolati in politene reticolato, con guaina in PVC, schermati a fili di rame rosso e controspirali.

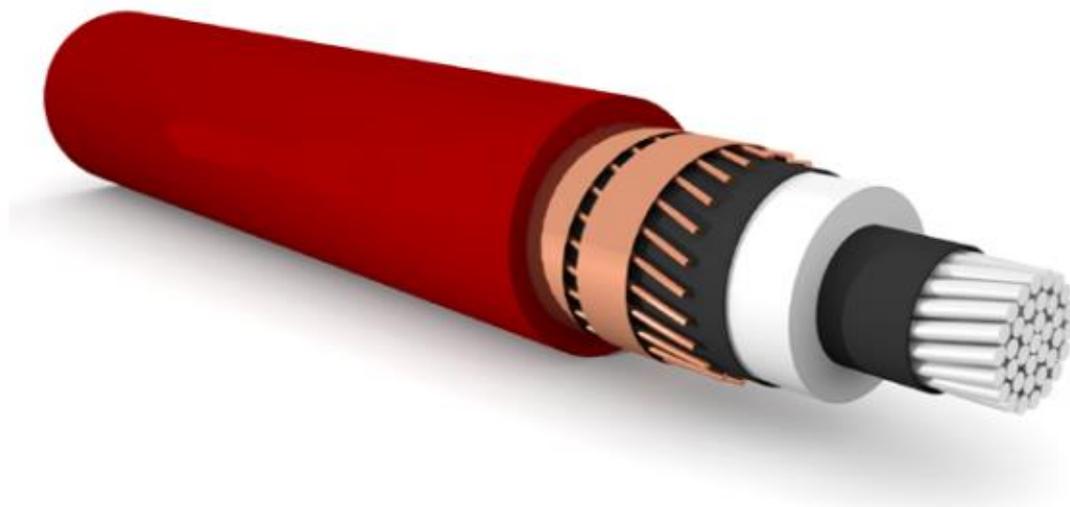


Figura 5.8 - Cavi unipolari del tipo ARE4H1R - 36 kV

I cavi avranno le seguenti caratteristiche costruttive e funzionali:

- Conduttore: Corda di alluminio rotonda compatta CEI EN 60228 classe 2
- Isolamento: Politene reticolato
- Schermo: fili di rame rosso e controspirale
- Guaina esterna: PVC di qualità Rz/ST2
- Colore: rosso
- Tensione nominale: 36 kV
- Tensione massima di esercizio U_m : 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Temperatura minima di posa: -25 °C

La tipologia dei cavi è adatta per la distribuzione interna di energia di impianti di generazione.

Sono adatti per posa interrata diretta o indiretta in ambienti umidi o bagnati. NORME DI RIFERIMENTO: HD 620; IEC 60502/2; EN 60228; ENEL DC 4384; ENEL DC 4385.

Le tipologie di posa previste sono quella con cavi direttamente interrati in trincea schematizzate in Figura 5.9.

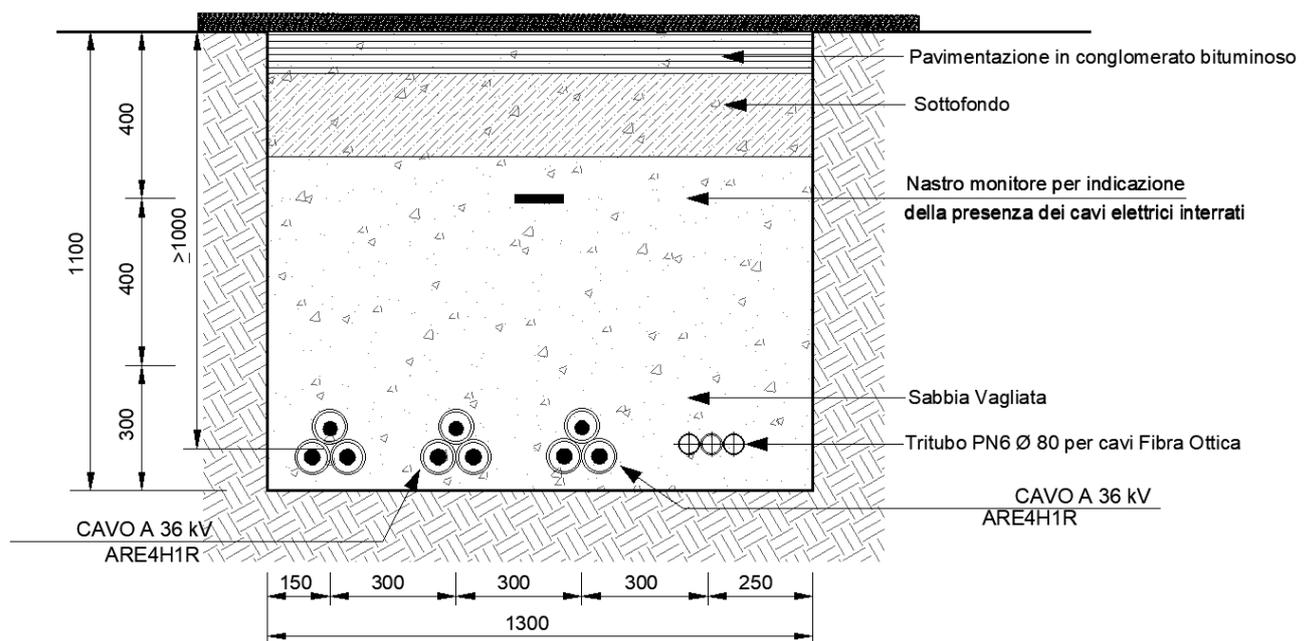


Figura 5.9 – Tipico modalità di posa Cavo 36 kV

La profondità media di interramento (letto di posa) sarà di 1,1 / 1,2 metri da p.c.; tale profondità potrà variare in relazione al tipo di terreno attraversato. Saranno inoltre previsti opportuni nastri di segnalazione. Normalmente la larghezza dello scavo della trincea è limitata entro 1,5 metri salvo diverse necessità

riscontrabili in caso di terreni sabbiosi o con bassa consistenza. Il letto di posa può essere costituito da un letto di sabbia vagliata o da un piano in cemento magro.

Nello stesso scavo, potrà essere posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar' e saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto e le aree interessate saranno risistemate nella condizione preesistente.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Per eventuali incroci e parallelismi con altri servizi (cavi di telecomunicazione, tubazioni etc), saranno rispettate le distanze previste dalle norme, tenendo conto delle prescrizioni che saranno dettate dagli Enti proprietari delle opere interessate e in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

5.3.4 Quadro elettrico a 36 kV – collettore d'impianto

Nel presente progetto è previsto un quadro collettore di impianto nel quale confluiranno tre dorsali principali provenienti dagli aerogeneratori:

- Sottocampo 1
- Sottocampo 2
- Sottocampo 3

Il quadro collettore di impianto raccoglie l'energia generata dalle turbine eoliche distribuite nell'area geografica del parco al fine di convogliare l'energia prodotta alla rete elettrica di trasmissione nazionale.

La progettazione del quadro collettore di impianto deve tenere conto degli aspetti economici e dell'affidabilità del funzionamento dell'intero parco eolico. Il quadro collettore d'impianto rappresenta anche il punto dell'impianto che può essere dotato dei sistemi di controllo (SCADA e sistemi di telemonitoraggio) della produzione dell'impianto eolico, nonché dei sistemi per il distacco e il sezionamento di parti di impianto, per esigenze di manutenzione dell'impianto o per esigenze di sicurezza relative a comandi di regolazione della potenza dell'impianto eolico, impartiti dal gestore del sistema elettrico nazionale.

Per ottimizzare/ridurre le perdite nei circuiti di distribuzione dell'energia all'interno dell'impianto eolico, l'ubicazione ideale quadro collettore d'impianto dovrebbe essere, quando possibile, in posizione baricentrica rispetto all'impianto eolico al fine di ridurre al minimo la lunghezza dei conduttori di collegamento al quadro collettore.

Tuttavia, ciò non è sempre possibile a causa dei vincoli del territorio e dell'effettiva ubicazione del punto di connessione dell'impianto eolico alla stazione elettrica del gestore di rete.

Le caratteristiche tecniche dei quadri a 36 kV sono le seguenti:

- Tensione nominale/esercizio: 27-36 kV
- Tensione massima: 36 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- N° fasi: 3
- Corrente nominale delle sbarre principali: fino a 1250 A
- Corrente di corto circuito: 31.5 kA
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16-25 kA
- Tenuta arco interno: 31,5kA/1s o 40kA/0,5s

Il quadro e le apparecchiature posizionate al suo interno dovranno essere progettati, costruiti e collaudati in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (*International Electrotechnical Commission*) in vigore.

Il quadro elettrico sarà formato da unità affiancabili, ognuna costituita da celle componibili e standardizzate, in esecuzione senza perdita di continuità d'esercizio secondo IEC 62271-200, destinato alla distribuzione d'energia a semplice sistema di sbarra.

Il quadro sarà realizzato in esecuzione protetta e sarà adatto per installazione all'interno in accordo alla normativa CEI/IEC. La struttura portante dovrà essere realizzata con lamiera d'acciaio di spessore non inferiore a 2 mm.

Il quadro dovrà garantire la protezione contro l'arco interno sul fronte del quadro fino a 40kA per 0.5 secondi (CEI-EN 60298).

Le celle saranno destinate al contenimento delle apparecchiature di interruzione automatica con 3 poli principali indipendenti, meccanicamente legati e aventi ciascuno un involucro isolante, di tipo "sistema a pressione sigillato" (secondo definizione CEI 17.1, allegato EE), che realizza un insieme a tenuta riempito con esafluoruro di zolfo (SF₆) a bassa pressione relativa, delle parti attive contenute nell'involucro e di un comando manuale ad accumulo di energia tipo RI per versione SF1, (tipo GMH elettrico per SF2).

Gli interruttori saranno predisposti per ricevere l'interblocco previsto con il sezionatore di linea, e potranno essere dotati dei seguenti accessori:

- comando a motore carica molle;
- comando manuale carica molle;
- sganciatore di apertura;
- sganciatore di chiusura;
- contamanovre meccanico;

- contatti ausiliari per la segnalazione di aperto - chiuso dell'interruttore.

Il comando degli interruttori sarà del tipo ad energia accumulata a mezzo molle di chiusura precaricate tramite motore, ed in caso di emergenza con manovra manuale.

Le manovre di chiusura ed apertura saranno indipendenti dall'operatore.

Il comando sarà a sgancio libero assicurando l'apertura dei contatti principali anche se l'ordine di apertura è dato dopo l'inizio di una manovra di chiusura, secondo le norme CEI 17-1 e IEC 56.

Il sistema di protezione associato a ciascun interruttore sottocampo è composto da:

- trasduttori di corrente di fase e di terra (ed eventualmente trasduttori di tensione) con le relative connessioni al relè di protezione;
- relè di protezione con relativa alimentazione;
- circuiti di apertura dell'interruttore.

Il sistema di protezione sarà costituito da opportuni TA di fase, TO (ed eventualmente TV) che forniscono grandezze ridotte a un relè che comprende la protezione di massima corrente di fase almeno bipolare a tre soglie, una a tempo dipendente, le altre due a tempo indipendente definito. Poiché la prima soglia viene impiegata contro il sovraccarico, la seconda viene impiegata per conseguire un intervento ritardato e la terza per conseguire un intervento rapido, nel seguito, per semplicità, ci si riferirà a tali soglie con i simboli:

- I> (sovraccarico);
- I>> (soglia 51, con ritardo intenzionale);
- I>>> (soglia 50, istantanea);
- 67 protezione direzionale.

La regolazione della protezione dipende dalle caratteristiche dell'impianto dell'Utente. I valori di regolazione della protezione generale saranno impostati dall'Utente in sede di progetto esecutivo

Sono previste inoltre le seguenti protezioni:

- massima tensione (senza ritardo intenzionale) (soglia 59);
- minima tensione (ritardo tipico: 300 ms) (soglia 27);
- massima frequenza (senza ritardo intenzionale) (soglia 81>);
- minima frequenza (senza ritardo intenzionale) (soglia 81<);
- massima tensione omopolare V0 (ritardata) (soglia 59N).

5.3.5 Impianto di rete per la connessione – stallo 36 kV

La connessione del produttore alla Rete di Trasmissione Nazionale sarà realizzata secondo le indicazioni fornite dal gestore di rete, ovvero tramite stallo a 36 kV presso la futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36

kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana".

La modalità di connessione avverrà secondo le specifiche dell'allegato A2 - Appendice d – schemi e requisiti 36 kV.

La possibile ubicazione della connessione del produttore viene indicata nello schema illustrato in Figura 5.10 e nell'Elaborato *WIND008-TE10- Opere di connessione alla rete – Planimetria su ortofoto*.

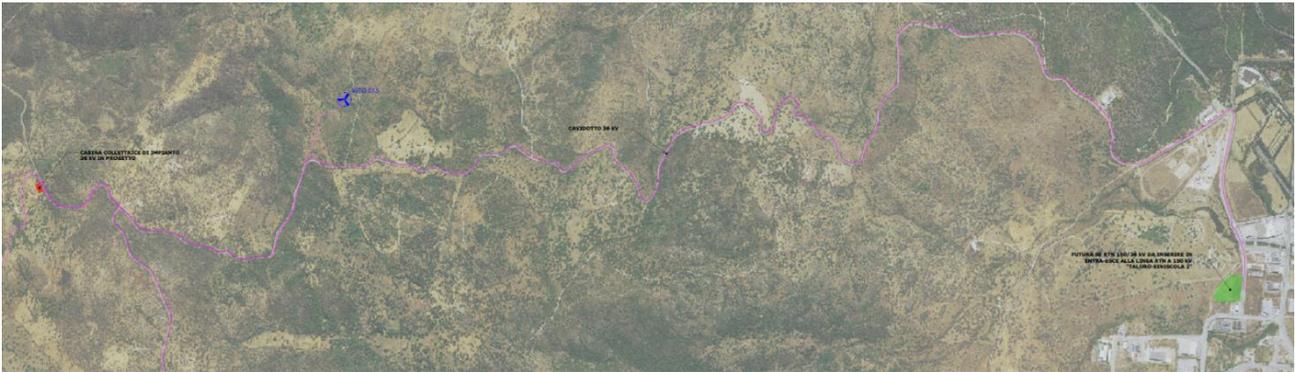


Figura 5.10 - Ubicazione connessione produttore

La connessione allo stallo del gestore avverrà presumibilmente come indicato nello schema elettrico in Figura 5.11.

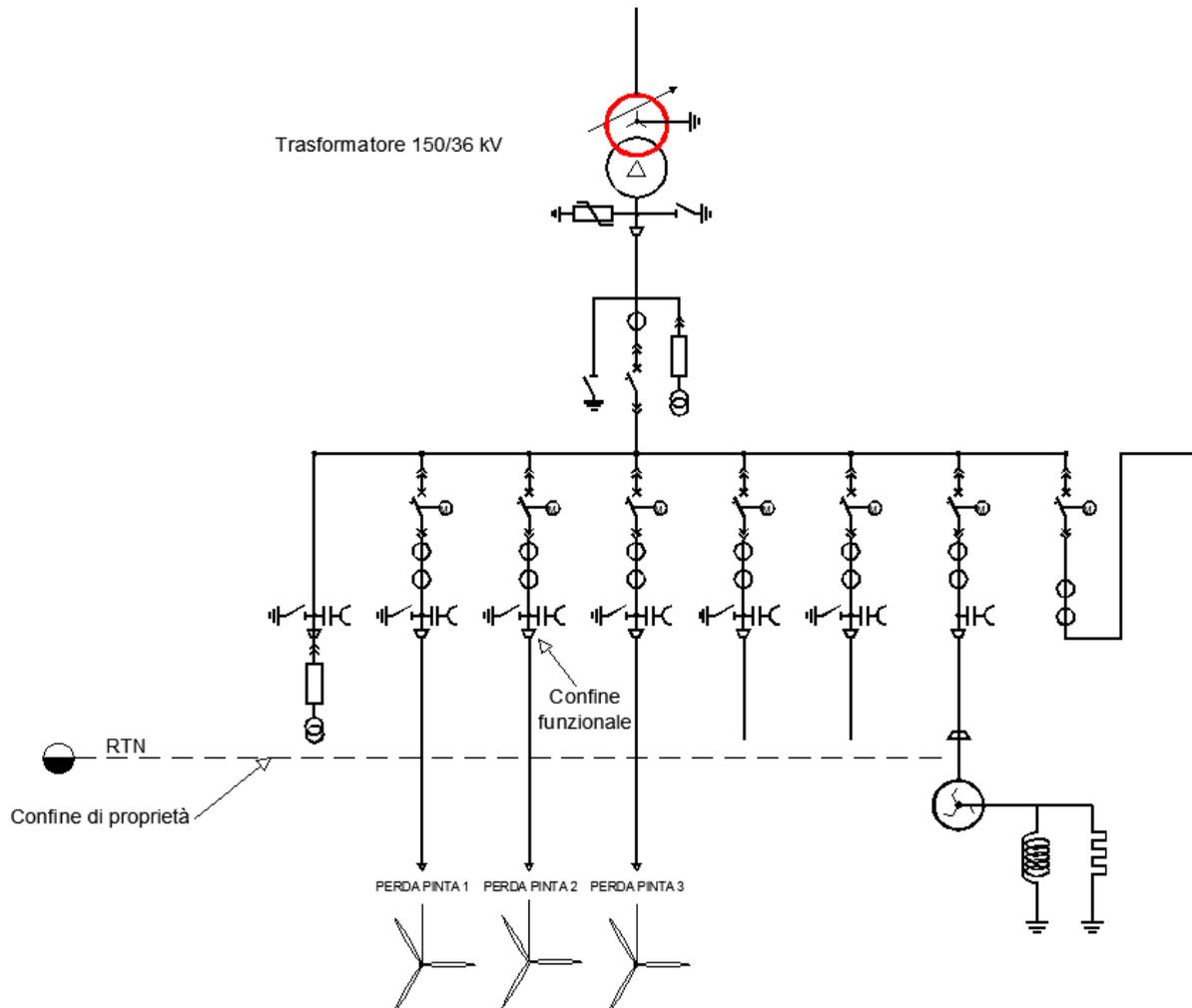


Figura 5.11 – Schema connessione agli stalli di consegna TERNA

Secondo le ipotesi di progetto, che, come detto, dovranno essere confermate dal gestore, sono previsti n. 3 partenze a 36 kV per l'impianto eolico.

La connessione avverrà mediante quadro blindato AIS 36 kV – IP4X - isolato in aria (AIS), dotato di comparti segregati metallicamente e con i principali componenti estraibili, progettato per reti di distribuzione primaria, e fornito in versione standard o resistente all'arco interno sui quattro lati (Figura 5.12).

Le caratteristiche generali dello stallo saranno le seguenti:

- Sistema di sbarre semplice o doppio, doppio piano a due interruttori e altre configurazioni disponibili
- Accessibilità frontale
- Installazione su pavimentazione in cemento, su ferri di base o su basamento

- Sicurezza per operatori durante l'esercizio e la manutenzione in conformità al d.lgs 81/2008 e alla norma IEC 62271-200
- Applicazione di interruttori isolati in vuoto o con gas SF6 multimarca su carrello estraibile
- Interruttori e trasformatori di tensione estraibili
- Relé di protezione, controllo e contatori digitali personalizzabili e programmabili
- Sinottico tradizionale o digitale
- Versione digitale per minimizzare i cablaggi e ottimizzare le prestazioni
- Integrazione a sistema SCADA
- Su richiesta, sistema di controllo termico su sbarre e interruttori
- Su richiesta, integrazione di sistemi di protezione per arco interno
- Su richiesta, integrazione di sistemi di fast transfer, controllo di frequenza e distacco carichi



Figura 5.12 – Stallo 36 kV per connessione produttore

Le caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale: 36 kV
- Tensione nominale di isolamento: 70 kV
- Tensione di prova a impulso (BIL): 170 kV
- Corrente nominale sbarre principali: 3150 A
- Corrente nominale sbarre secondarie: 1250A-2500 A

- Corrente nominale di breve durata (kA,3s): 40 kA
- Frequenza nominale: 50-60 hz
- Resistenza all'arco interno classificato IAC AFLR kA (1s): 16 kA.

6 Opere stradali

6.1 Viabilità di accesso al sito

Sulla base di analisi e valutazioni scaturite da verifiche progettuali preliminari, da validare a seguito di specifico road survey da eseguirsi a cura di trasportatore specializzato, le infrastrutture viarie principali di accesso al parco eolico sono rappresentate dalla viabilità locale di collegamento al porto industriale di Oristano (OR) e dalle seguenti arterie stradali di livello statale e provinciale: SP97, SP49, SS131, SS129, SP10M, SP86, SP22, SP41 e SS389.

Al fine di consentire il transito dei convogli speciali potrà essere richiesto, a giudizio del trasportatore, il locale approntamento di temporanei interventi da condursi in corrispondenza della sede viaria o nell'immediata prossimità; si tratterà, ragionevolmente, di opere minimali di rimozione temporanea di cordoli, cartellonistica stradale e guard rail, che saranno prontamente ripristinati una volta concluse le attività di trasporto, nonché, se indispensabile, di locali e limitati spianamenti e taglio di vegetazione presente a brodo strada.

Le caratteristiche principali del suddetto percorso sono descritte nell'Elaborato *WIND008-RC14- Descrizione della viabilità principale di accesso al parco eolico ai fini del trasporto degli aerogeneratori*.

6.2 Viabilità di servizio e piazzole

6.2.1 Premessa

La realizzazione del parco eolico avverrà prevedibilmente secondo la sequenza delle fasi costruttive indicate nel cronoprogramma allegato al progetto definitivo (Elaborato *WIND008-RC9- Cronoprogramma degli interventi*).

Ai fini di consentire il montaggio e l'innalzamento degli aerogeneratori, le piazzole di cantiere dovranno essere inizialmente allestite prevedendo superfici piane e regolari sufficientemente ampie da permettere lo stoccaggio dei componenti dell'aerogeneratore (tronchi della torre, navicella, mozzo e, ove possibile, delle stesse pale). Gli spazi livellati così ricavati, di adeguata portanza, dovranno assicurare, inoltre, spazi idonei all'operatività della gru principale e di quella secondaria.

Una volta ultimato l'innalzamento degli aerogeneratori le piazzole di cantiere potranno essere ridotte, eliminando e ripristinando le superfici ridondanti ai fini delle operazioni di gestione e manutenzione ordinaria dell'impianto, in accordo con quanto rappresentato nei disegni di progetto.

Allo stesso modo, i tratti di viabilità di cantiere non indispensabili per assicurare l'ordinaria e regolare attività di gestione del parco eolico, saranno smantellati e riportati alle condizioni *ante operam* a seguito di mirati interventi di ripristino ambientale.

6.2.2 Criteri di scelta del tracciato e caratteristiche costruttive generali della viabilità di servizio

L'installazione degli aerogeneratori previsti in progetto presuppone l'accesso, presso i siti di intervento, di mezzi speciali per il trasporto della componentistica delle macchine eoliche, nonché l'installazione di due autogrù: una principale (indicativamente da 750 t di capacità max a 8 m di raggio di lavoro, braccio da circa 175 m) e una ausiliaria (indicativamente da 250 t), necessarie per il montaggio delle torri, delle navicelle e dei rotori.

Con riferimento ai peculiari caratteri morfologici ed ambientali delle aree di intervento, preso atto dei vincoli tecnico-realizzativi alla base del posizionamento degli aerogeneratori e delle opere accessorie, i nuovi tracciati di progetto hanno ricercato di ottimizzare le seguenti esigenze:

- minimizzare la lunghezza dei tracciati sovrapponendosi, laddove tecnicamente fattibile, a percorsi esistenti (strade locali, carrarecce, sentieri, tratturi);
- contenere i movimenti di terra, massimizzando il bilanciamento tra scavi e riporti ed assicurando l'intero recupero del materiale scavato nel sito di produzione;
- limitare l'intersezione con il reticolo idrografico superficiale al fine di minimizzare le interferenze con il naturale regime dei deflussi nonché con i sistemi di più elevato valore ecologico, evitando la realizzazione di manufatti di attraversamento idrico;
- contenere al massimo la pendenza longitudinale, in considerazione della tipologia di traffico veicolare previsto.

Le principali caratteristiche dimensionali delle opere di approntamento della viabilità interna al parco eolico sono riassunte nel seguente prospetto.

Strade di nuova realizzazione (m)	
Lunghezza	9.150
Strade rurali in adeguamento di percorsi esistenti (m)	
Lunghezza	8.420
Totale viabilità di cantiere	17.570

La viabilità complessiva di impianto, al netto dei percorsi sulle strade principali e secondarie esistenti per l'accesso al sito del parco eolico, ammonta, pertanto, a circa 17,6 km, riferibili a percorsi di nuova realizzazione per il 52% della lunghezza complessiva (~9.150 m) e tracciati in adeguamento/adattamento della viabilità esistente in misura del 48% (~8.420 m).

Ai fini della scelta dei tracciati stradali di nuova realizzazione e della valutazione dell'idoneità della viabilità esistente, uno dei parametri più importanti è il minimo raggio di curvatura stradale accettabile, variabile in relazione alla lunghezza degli elementi da trasportare e della pendenza della carreggiata. Nel caso specifico il minimo raggio di curvatura orizzontale adottato è pari a 50 m, in coerenza con quanto suggerito dalle case costruttrici degli aerogeneratori.

La definizione dell'andamento planimetrico ed altimetrico delle strade è stata attentamente verificata nell'ambito dei sopralluoghi condotti dal gruppo di progettazione e dai professionisti incaricati delle analisi ambientali specialistiche, nonché progettualmente sviluppata sulla base del DTM RAS passo 10 m, ritenuto sufficientemente affidabile per il livello di progettazione richiesto e per pervenire ad una stima sufficientemente attendibile dei movimenti terra necessari.

Coerentemente con quanto richiesto dai costruttori delle turbine eoliche, i nuovi tratti viari in progetto e quelli in adeguamento della viabilità esistente saranno realizzati prevedendo una carreggiata stradale di larghezza complessiva pari a 5,0 m in rettilineo. In corrispondenza di curve particolarmente strette sono stati previsti locali allargamenti, in accordo con quanto rappresentato negli elaborati grafici di progetto (Elaborati *WIND008-TC7*÷ *WIND008-TC12*)

La sovrastruttura stradale, oltre a sopportare le sollecitazioni indotte dal passaggio dei veicoli pesanti, dovrà presentare caratteristiche di uniformità e aderenza tali da garantire le condizioni di percorribilità più sicure possibili.

La sovrastruttura in materiale arido avrà spessore indicativo di 0,30÷0,40 m; la finitura superficiale della massicciata sarà perlopiù realizzata in ghiaietto stabilizzato dello spessore 0,10 cm con funzione di strato di usura (Elaborato *WIND008-TC12- Piazzole aerogeneratori e strade di servizio - Particolari costruttivi*). Lo strato di fondazione sarà composto da un aggregato che sarà costituito da *tout venant* proveniente dagli scavi, laddove giudicato idoneo dalla D.L., oppure da una miscela di materiali di diversa provenienza, in proporzioni stabilite con indagini preliminari di laboratorio e di cantiere. Ciò in modo che la curva granulometrica di queste

terre rispetti le prescrizioni contenute nelle Norme CNR-UNI 10006; in particolare la dimensione massima degli inerti dovrà essere 71 mm. La terra stabilizzata sarà costituita da una miscela di inerti (pietrisco 5÷15 mm, sabbia, filler), di un catalizzatore sciolto nella quantità necessaria all'umidità ottimale dell'impasto (es. 80/100 l per terreni asciutti, 40/60 l per terreni umidi) e da cemento (nelle dosi di 130/150 kg per m³ di impasto).

La granulometria degli inerti dovrà essere continua, e la porosità del conglomerato dovrà essere compresa fra il 2 ed il 6 %. 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.

Gli interventi sui percorsi esistenti, trattandosi di tratturi o carrarecce, prevedono l'esecuzione dello scavo necessario per ottenere l'ampliamento della sede stradale e permettere la formazione della sovrastruttura, con le caratteristiche precedentemente descritte.

Laddove i tracciati stradali presentino localmente pendenze superiori indicativamente al 10%, al fine di assicurare adeguate condizioni di aderenza per i mezzi di trasporto eccezionale, si prevede o di ricorrere alla cementazione dei singoli tratti o di adottare un rivestimento con pavimentazione ecologica, di impiego sempre più diffuso nell'ambito della realizzazione di interventi in aree rurali, con particolare riferimento alla viabilità montana. Nell'ottica di assicurare un'opportuna tutela degli ambiti di intervento, la pavimentazione ecologica dovrà prevedere l'utilizzo di composti inorganici, privi di etichettatura di pericolosità, di rischio e totalmente immuni da materie plastiche in qualsiasi forma. La pavimentazione, data in opera su idoneo piano di posa precedentemente preparato, sarà costituita da una miscela di inerti, cemento e acqua con i necessari additivi rispondenti ai requisiti sopra elencati, nonché con opportuni pigmenti atti a conferire al piano stradale una colorazione il più possibile naturale. Il prodotto così confezionato verrà steso, su un fondo adeguatamente inumidito, mediante vibro finitrice opportunamente pulita da eventuali residui di bitume. Per ottenere risultati ottimali, si procederà ad una prima stesura "di base" per uno spessore pari alla metà circa di quello totale, cui seguirà la stesura di finitura per lo spessore rimanente. Eventuali imperfezioni estetiche dovranno essere immediatamente sistemate mediante "rullo a mano" o altro sistema alternativo. Si procederà quindi alla compattazione con rullo compattatore leggero, non vibrante e asciutto.

Considerata l'entità dei carichi da sostenere (massimo carico stimato per asse del rimorchio di circa 15 t – peso complessivo dei convogli nel range di 120-145 t), il dimensionamento della pavimentazione stradale, in relazione alla tipologia di materiali ed alle caratteristiche prestazionali, potrà essere oggetto di eventuali affinamenti solo a seguito degli opportuni accertamenti di dettaglio da condursi in fase esecutiva. La capacità portante della sede stradale dovrà essere almeno pari a 2 kg/cm² ed andrà rigorosamente verificata in sede di collaudo attraverso specifiche prove di carico con piastra.

Le carreggiate saranno conformate trasversalmente conferendo una pendenza dell'ordine del 1,5% per garantire il drenaggio ed evitare ristagni delle acque meteoriche.

I raccordi verticali delle strade saranno realizzati in rapporto ad un valore di distanza da terra dei veicoli non superiore ai 15 cm, comunque in accordo con le specifiche prescrizioni fornite dalla casa costruttrice degli aerogeneratori.

Le strade su cui sarà ritenuto opportuno, 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.

Per una più agevole lettura degli elaborati grafici di progetto, si riporta di seguito una descrizione tecnica delle opere stradali previste, opportunamente distinte in rapporto a tronchi omogenei per caratteristiche tecnico-costruttive e funzionali. La descrizione esamina i tratti stradali procedendo da sud, in corrispondenza dell'ingresso viario all'area del parco eolico.

Accesso al sito del parco eolico

Lasciata la SS131 all'altezza di Birori, si percorrono circa 20 km sulla SS129 Trasversale Sarda, fino all'incrocio con la SP10m, su cui si prosegue in direzione nord per circa 15 km. Giunti sulla Sp86 la si percorre per 6 km fino ad arrivare alla SP22, nei pressi del centro abitato di Benetutti e la si percorre in direzione sud per 8 km. Da qui si accede alla SP41 dove, dopo circa 5 km di percorrenza si giunge all'area interessata dal Parco Eolico in esame.

A sud dalla SP41, con inizio su viabilità locale prevista in adeguamento, si trova il primo *cluster* del Parco Eolico composto dalle postazioni WTG001, WTG002, WTG003, WTG004, WTG005 e WTG006. Lungo questa viabilità, in una zona ampia e relativamente libera da ostacoli, si prevede il posizionamento dell'area di trasbordo e dell'area generale di cantiere.

Proseguendo lungo la SP41 si incontra il secondo *cluster* del Parco Eolico composto dalle postazioni WTG007, WTG008, WTG009, e WTG010. Poco distante, a circa 1,5 km sempre sulla SP41, è previsto l'accesso alle postazioni eoliche WTG011 e WTG012.

La Strada provinciale 41 dopo qualche km, interseca la SS389 su cui si trovano gli accessi alle postazioni WTG013 e più a nord, WTG014 e WTG015. L'agevole transito dei mezzi speciali di cantiere è favorito dalla realizzazione temporanea di un'area di manovra in corrispondenza dell'incrocio tra la strada provinciale e la statale.

I tratti di viabilità di accesso anche se in buone condizioni generali, saranno oggetto di interventi puntuali di adeguamento finalizzati a garantirne la percorribilità da parte dei mezzi di trasporto della componentistica degli aerogeneratori, procedendo al ripristino dei luoghi al termine dei lavori.



Figura 6.1 – Inizio dell'esistente viabilità da adeguare lungo la SP41 facente parte della viabilità di progetto.



Figura 6.2 – Raccordo tra la Sp41 e la viabilità locale d'accesso alle postazioni eoliche WTG002, WTG003, WTG004 e WTG006.



Figura 6.3 – Raccordo tra la Sp41 e l’area di manovra per accesso alle WTG013, WTG014 e WTG015. Direzione di scatto NE

Viabilità di accesso alla postazione WTG001 e WTG005

Giunti alla fine della viabilità di accesso al parco eolico, dove la SP41 incontra la viabilità comunale, ha inizio un tratto di strada esistente che necessita di un adeguamento costante della carreggiata e di puntuali modifiche planoaltimetriche laddove le pendenze e i raggi di curvatura, verticali o orizzontali, non rispettano le prescrizioni fornite dal trasportatore. Il tracciato si presenta in salita per i primi 850 metri con pendenza massima dell’8% per un tratto lungo 50 metri. Seguono 1600 metri in discesa con pendenze maggiori che raggiungono il 13%. Il tracciato prosegue in salita per i successivi 600 metri con pendenze fino al 14-15%. Questo tratto presenta una rettifica del tracciato esistente per superare tre tornanti diversamente inaccessibili ai mezzi speciali. Gli ultimi 100 metri del tracciato, prevalentemente pianeggianti, sono di viabilità di nuova realizzazione, necessari per il raccordo alla viabilità di accesso alle postazioni WTG001 e WTG005. Il tracciato è quasi completamente delimitato sui lati da muretti a secco che dovranno essere demoliti nei punti interferenti con gli interventi di adeguamento. Al termine dei lavori di realizzazione dell’impianto eolico, dove la viabilità permanente lo consentirà, saranno prontamente ripristinati.



Figura 6.4 – Strada locale in adeguamento che collega alle postazioni WTG001 e WTG005.

Viabilità di accesso alla postazione WTG005

L'accesso alla viabilità di collegamento alle postazioni WTG005 e WTG001 avverrà dall'esistente strada locale che collega la SP41 alla zona industriale di Prato Sardo, previa sistemazione dell'innesto sulla suddetta strada comunale. Il primo tratto viario della lunghezza di circa 800m è rappresentato da viabilità esistente da adeguare in parte delimitata da muretti a secco. Detto tratto si sviluppa in discesa con pendenze comprese tra il 2% e il 11%.

In corrispondenza dell'inizio della viabilità di nuova realizzazione, il tracciato prosegue in discesa per i primi 50 m circa per poi, seguendo l'andamento naturale del terreno, salire fino a quota 698 m s.l.m., con un approfondimento in scavo di circa 2,5 metri. Per conferire adeguati raccordi verticali e impostare la discesa verso la quota prevista per la piazzola di 685.50 m s.l.m. sarà necessario uno scavo di circa 4 metri e una pendenza del tracciato del 13% negli ultimi 80 metri.



Figura 6.5 –Strada locale da adeguare lungo la viabilità di accesso alla postazione WTG005



Figura 6.6 – Terreni attraversati dalla nuova viabilità che collega alla postazione.

Viabilità di accesso alla postazione WTG001

Il tracciato stradale che conduce alla postazione WTG001D origina dal punto in cui ha inizio la nuova viabilità dell'asse d'accesso alla postazione WTG005.

I primi 800 metri si presentano in salita seguendo il più fedelmente possibile il tracciato esistente con una pendenza massima del 8%.

Seguono 1600 metri di viabilità di nuova realizzazione che si presenta per lo più in discesa ad esclusione di un tratto di circa 150 m in leggera salita. Le pendenze sono abbastanza contenute raggiungendo l'8% per tratti lunghi massimo 50 metri.

In prossimità dell'accesso alla piazzola, per raccordarci alla quota prevista di 679 m s.l.m., sarà necessario uno scavo di altezza massima 1.5 m

Lungo il tracciato sono presenti dei punti delimitati sui lati della carreggiata dalla presenza di muretti a secco. In fase di cantiere dovranno essere rimossi nei tratti interferenti, per essere poi ripristinati, ove possibile, in fase di esercizio dell'impianto eolico.



Figura 6.7 –Strada locale da adeguare lungo la viabilità di accesso alla postazione WTG001



Figura 6.8 – Terreni attraversati dalla viabilità che collega alla postazione WTG001

Viabilità di accesso alle postazioni WTG002, WTG003, WTG004 e WTG006

Proseguendo dalla strada di accesso alle postazioni WTG001 e WTG005 su viabilità esistente per 1140 metri, svoltando sulla destra, si giunge a una strada sterrata che porta alle quattro postazioni presenti in questo blocco. Il tracciato, lungo circa 1,6 km, si presenta quasi tutto in salita con pendenza massima del 9%. A 750 metri dall'inizio del tracciato, si trova una prima discesa, 130 metri circa, con pendenza del 9% per i primi 30 metri. Un secondo tratto in discesa è presente alla fine del tracciato, 190 metri, con pendenze contenute sotto il 5%.

Anche lungo questo tracciato sono presenti dei muretti a secco ai margini della carreggiata. Come già riportato in precedenza, in fase di cantierizzazione dovranno essere rimossi, dove interferenti, per essere poi ripristinati, dove possibile, al termine dei lavori.



Figura 6.9 – Esistente viabilità in adeguamento lungo l'accesso alle postazioni WTG002, WTG003, WTG004 E WTG006 facente parte della viabilità di progetto

Viabilità di accesso alla postazione WTG006

Lungo il percorso indicato, la prima postazione eolica che si incontra è la WTG006. L'accesso all'asse stradale, lungo 120 metri, sarà facilitato dalla presenza di un corridoio di manovra che permetterà ai mezzi di cantiere l'ingresso in retromarcia all'area della piazzola. La viabilità, pressoché pianeggiante, è aderente al terreno per andare leggermente in scavo solo in prossimità della piazzola posta a 740 m s.l.m.



Figura 6.10 – Terreni attraversati dalla viabilità che collega la postazione WTG006

Viabilità di accesso alla postazione WTG004

L'asse di accesso alla postazione WTG004 è lungo 365 metri ed è di nuova realizzazione. Si presenta in discesa costante fino all'imbocco della piazzola con una pendenza massima del 17% per un tratto di circa 130 metri. A circa 200 metri dall'inizio del tracciato la strada procede in scavo per consentire il raccordo con la piazzola posta a quota 706 m s.l.m.



Figura 6.11 – Terreni attraversati dalla nuova pista di collegamento alla postazione eolica WTG004

Viabilità di accesso alla postazione WTG003

L'inizio del tracciato, posto in prossimità della piazzola WTG004 e lungo 885 metri in totale, si presenta in scavo, con altezza massima della scarpata di 5 metri circa, per consentire il raccordo con la viabilità di accesso alla postazione WTG004.

La viabilità di nuova realizzazione è pressoché in discesa per 680 metri circa, passando dalla quota progetto 711 m s.l.m. a 669 m s.l.m. Gli ultimi 250 metri della discesa sono quelli con la maggiore pendenza, compresa tra 14 e 17% e che presentano un dislivello tra la quota di progetto e il terreno di circa 2 metri.

Il tracciato termina con 200 metri in salita, pendenza fino all'8%, per raccordarsi alla quota piazzola prevista a 679.5 m s.l.m.

Lungo il tracciato sarà richiesta la demolizione di 2 tratti di muretti a secco interferenti con la viabilità, da ripristinare in fase di esercizio.



Figura 6.12 – Territorio attraversato dalla viabilità di progetto tra la postazione WTG004 e la postazione WTG003

Viabilità di accesso alla postazione WTG002

L'asse viario di nuova realizzazione che conduce alla piazzola WTG002 origina a circa 600 metri dall'inizio del tracciato di accesso alla postazione WTG003. Il tracciato, lungo circa 1 km, segue abbastanza fedelmente l'altimetria del terreno, distaccandosene essenzialmente solo negli ultimi 165 m, in prossimità del raccordo alla piazzola di progetto posta a quota 660 m s.l.m.; qui si renderà necessario un rilevato con altezza massima della scarpata di circa 4 metri.

Il profilo altimetrico ci mostra una prima discesa di 175 metri con le pendenze maggiori comprese tra il 7 e il 15%, segue un tratto di circa 215 metri sub pianeggiante e una nuova discesa lunga circa 260 metri con pendenza massima del 10% per un tratto di 30 metri. Il tracciato riprende a salire per ulteriori 80 metri con

pendenza tra il 5% e l'8% e, superato un tratto pianeggiante, nuovamente in discesa con pendenze molto contenute. Gli ultimi 165 m del tracciato sono in salita con pendenza massima di quasi l'11%.

La viabilità in progetto intercetta alcuni tratti di muretti a secco interferenti che dovranno essere demoliti e opportunamente ripristinati al termine dei lavori.



Figura 6.13 - territorio attraversato dalla viabilità della WTG002

Viabilità di accesso alle postazioni WTG007, WTG008, WTG009 e WTG010

Sulla SP41, a circa 3,5 km dall'inizio della viabilità in adeguamento che conduce alle postazioni da WTG001 a WTG006, ha inizio la viabilità in adeguamento che porta alle postazioni WTG007, WTG008, WTG009 e WTG010.

Il tracciato, lungo quasi 1 km e quasi tutto in adeguamento, segue l'andamento planoaltimetrico del terreno. Si presenta in discesa, passando dalla quota di progetto di 790 m s.l.m. a 745 m s.l.m. con pendenze comprese tra il 7% e il 14%.

Gli ultimi 60 metri di tracciato sono di nuova realizzazione, necessari per raccordarsi alla nuova viabilità della postazione WTG007.

Anche lungo questo tracciato sono presenti dei muretti a secco ai margini della carreggiata. Come già riportato in precedenza, in fase di cantierizzazione dovranno essere rimossi e, dove fattibile, ripristinati al termine dei lavori.



Figura 6.14 – Viabilità in adeguamento di accesso alle postazioni WTG007, WTG008, WTG009 e WTG010

Viabilità di accesso alla postazione WTG009

Lungo il tratto viario appena esaminato, a 360 metri dall'inizio, ha origine il nuovo asse d'accesso alla postazione WTG009, avente lunghezza di circa 750 metri. L'asse segue l'andamento altimetrico del terreno distaccandosene solo nel raccordo con la viabilità esistente, attraverso un rilevato di appena 60 cm, e nella parte finale del tracciato dove si è reso necessario uno scavo di circa 1 metro per raccordarsi alla quota della piazzola di progetto posta a 764.5 m s.l.m. I primi 265 metri sono in discesa con pendenze maggiori nel primo tratto (tra l'8% e il 14%), segue un tratto in salita di 290 metri con pendenze molto contenute tra il 2% e 3%. Gli ultimi 170 metri sono ancora in discesa con pendenza massima del 5%.

La viabilità in progetto attraversa due tratti di muretti a secco interferenti che dovranno essere demoliti e in seguito ripristinati al termine dei lavori.



Figura 6.15 – Terreni attraversati dalla nuova strada per il collegamento della postazione eolica WTG009

Viabilità di accesso alla postazione WTG007

Questo ramo di viabilità, anch'esso di nuova realizzazione, ha una lunghezza di circa 7450 metri. Il tracciato si presenta in discesa per i primi 300 metri circa, con una pendenza massima di circa il 12%. Seguono 280 metri in salita con pendenza massima del 7%, quindi ancora una breve discesa e una risalita fino all'imposta della piazzola, posta a 738.50 m s.l.m. L'ultimo tratto di 40 metri circa risulta essere in rilevato con un dislivello di circa 1 metro rispetto al terreno.

Lungo il tracciato sono presenti dei muretti a secco ai margini della carreggiata. Come già riportato in precedenza, in fase di cantierizzazione dovranno essere rimossi e, dove fattibile, ripristinati al termine dei lavori.



Figura 6.16 – Territorio attraversato dalla viabilità di accesso della postazione WTG007

Viabilità di accesso alla postazione WTG008

Il tracciato di collegamento all'aerogeneratore WTG008, lungo 1260 metri, si presenta in adeguamento per i primi 550 metri, con annessa sistemazione dell'innesto dalla suddetta strada, seguendo l'andamento planoaltimetrico originario del terreno. I primi 330 metri sono in salita con pendenze comprese tra il 5% e l'11%. I restanti 220 m in adeguamento sono in salita con la pendenza più elevata registrata nell'ultimo tratto dell'8%.

Per buona parte del tratto in adeguamento sono presenti muretti a secco ai margini della carreggiata. Anche in questo caso è stata prevista, in fase di cantiere, la rimozione dei tratti interferenti con la viabilità in progetto.

La viabilità di nuova realizzazione è lunga 710 metri circa e segue il più fedelmente possibile l'altimetria del terreno. Prosegue in discesa per i primi 240 m con pendenze contenute fino al 3%; seguono 160 m in salita con pendenza massima 8%, per poi continuare a scendere fino all'imposta della piazzola posta a 746 m s.l.m. con pendenze comprese tra il 7% e il 17% per un tratto di circa 200 m. La viabilità di nuova realizzazione intercetta alcune recinzioni murate a secco che verranno demolite per la parte interferente e ricostruite al termine dei lavori.



Figura 6.17 – Viabilità in adeguamento di accesso alle postazioni WTG008



Figura 6.18 – Territorio attraversato dalla viabilità di accesso della postazione WTG008

Viabilità di accesso alla postazione WTG010

L'asse d'accesso alla postazione WTG010 sarà di nuova realizzazione con lunghezza di circa 800 metri. La pista presenta un primo tratto in discesa di circa 300 metri con pendenze comprese tra 7% e 17%. Seguono 90 metri in piano e in aderenza al terreno in corrispondenza di un attraversamento idrico e circa 400 metri in salita con una pendenza variabile compresa tra il 5% e il 15% fino alla quota della piazzola prevista a 755.90 m s.l.m. In corrispondenza dell'innesto della piazzola è presente un tratto di circa 100 m in rilevato con un dislivello massimo rispetto al terreno di 1.5 metri. Anche l'asse di accesso alla postazione WTG010 interseca

alcuni tratti di muretti a secco che saranno rimossi per la lunghezza necessaria alla realizzazione delle opere e ripristinati ove fattibile al termine dei lavori.



Figura 6.19 – Territorio attraversato dalla viabilità di accesso della postazione WTG010

Viabilità di accesso alla postazione WTG012

Lungo la SP41 è presente anche l'accesso alle postazioni eoliche WTG012 e WTG011. Per entrambe le postazioni si tratta di viabilità di nuova realizzazione, quantunque parte del tracciato che conduce alla piazzola WTG012 segue l'andamento di un sentiero esistente.

Il tracciato d'accesso alla postazione WTG012, lungo circa 300 metri, si presenta completamente in salita passando da quota 786 m s.l.m. a 812 m s.l.m., quota di imposta della piazzola. I primi 40 metri in salita hanno pendenza contenuta, seguono 70 metri in cui la pendenza arriva al 16%. Proseguendo si giunge a un tratto di circa 80 metri quasi in piano per poi riprendere a salire negli ultimi 100 metri con pendenze comprese tra 10% e 14%. In corrispondenza della pendenza maggiore, allo scopo di attenuare quella del terreno, è presente un tratto di circa 75 m in scavo con altezza massima della scarpata 4 m. Anche in prossimità dell'accesso alla piazzola è stato necessario prevedere gli ultimi 50 metri in leggero scavo.



Figura 6.20 – Territorio attraversato dalla viabilità di accesso della postazione WTG012

Viabilità di accesso alla postazione WTG011

Proseguendo dalla postazione eolica WTG012, sempre su tracciato di nuova realizzazione, si giunge all'area interessata dalla postazione WTG011. Il tracciato ha inizio con 70 metri in scavo con pendenza del 7%, prosegue con 60 metri in piano per poi affrontare una discesa di 145 metri con pendenza massima dell'8%. Gli ultimi 100 metri, di raccordo con la quota della piazzola WTG011 posta a 806.5 m s.l.m., si presentano in scavo.



Figura 6.21 – Territorio attraversato dalla viabilità di accesso della postazione WTG011

Viabilità di accesso alle postazioni WTG013, WTG014 e WTG015

Proseguendo lungo la SP41, si giunge all'intersezione della SS389. In corrispondenza di tale incrocio è stata prevista un'area di manovra temporanea, da rimuovere in fase di esercizio dell'impianto, per permettere ai mezzi speciali di raggiungere le postazioni eoliche rimanenti e contenendo la realizzazione di nuova viabilità.

Viabilità di accesso alla postazione WTG013

La postazione WTG013 è posizionata all'estremità orientale dell'impianto. L'asse di nuova viabilità di accesso, lungo 440 m, ha origine a sud dalla SS389 e si presenta in discesa costante, passando da quota 707 m s.l.m. a 677 m s.l.m. Gli ultimi 60 metri del tracciato sono in scavo, con profondità massima della scarpata di circa 1.5 m, per raccordarsi alla quota della piazzola di 677 m s.l.m. Le pendenze sono contenute prevalentemente all' 8%, arrivando al 10% solo nel tratto di 50 metri che precedono l'imbocco della piazzola. La viabilità interseca una recinzione in muretto a secco che dovrà essere rimossa per il tratto interferente e ripristinata al termine dei lavori.



Figura 6.22 – Terreni attraversati dalla nuova strada per il collegamento della postazione eolica WTG013

Viabilità di accesso alla postazione WTG014

Le postazioni WTG014 e WTG015 sono ubicate nell'estremità nord del parco eolico, lungo la SS389.

L'asse di accesso alla WTG014 si presenta in salita per circa 600 m con pendenze fino al 13%, limitate a brevi tratti. Il percorso prosegue in discesa per 195 m circa, con pendenza massima ancora del 13% per un breve tratto, fino all'imposta della piazzola prevista a quota 758.10 m s.l.m.

I primi 170 m di viabilità sono in adeguamento, previa sistemazione dell'innesto sulla suddetta strada statale. Lungo i circa 630 m di nuova viabilità sono presenti dei tratti in scavo, con profondità di scarpata sotto i 2 m, e l'ultimo tratto, prima della piazzola, in rilevato, con altezza massima di 2.5 m.

Lungo l'intersezione tra la viabilità di progetto e la strada SS389, sono presenti delle recinzioni a secco che dovranno essere rimosse per il tratto interferente e ripristinate al termine dei lavori.



Figura 6.23 – Viabilità in adeguamento di accesso alla postazione WTG014



Figura 6.24 – Terreni attraversati dalla nuova strada per il collegamento della postazione eolica WTG014

Viabilità di accesso alla postazione WTG015

L'asse della viabilità di accesso alla postazione WTG015 si innesta sulla S.S. 389 nel medesimo punto in cui è previsto l'accesso della postazione WTG014. Il tracciato si presenta in discesa per 540 metri circa con pendenza massima del 7%, seguono 630 m in salita con pendenza massima, in prossimità dell'innesto della piazzola, del 9%.

Superata la sistemazione dell'innesto sulla strada statale, sono presenti 170m di viabilità in adeguamento, seguono 630m circa di viabilità di nuova realizzazione che ricalcano fedelmente l'andamento altimetrico del terreno; ciò ad esclusione degli ultimi 100 metri in cui si trova un tratto in rilevato con altezza massima delle scarpate di circa 2 metri per permettere il raccordo con la quota di imposta della piazzola di 739.40 m s.l.m. In corrispondenza della porzione terminale del tracciato è stata prevista un'area di manovra temporanea per agevolare l'accesso dei mezzi di cantiere alla piazzola, da rimuovere e ripristinare al termine dei lavori di realizzazione dell'impianto.

Lungo il tratto di viabilità in adeguamento è presente un muretto a secco di delimitazione che dovrà essere rimosso per i tratti interferenti con l'adeguamento della viabilità e ripristinato ove fattibile.



Figura 6.25 – Viabilità in adeguamento di accesso alla postazione WTG015



Figura 6.26 – Terreni attraversati dalla nuova strada per il collegamento della postazione eolica WTG015

6.3 Piazzole di servizio: principali caratteristiche costruttive e funzionali

La fase di montaggio degli aerogeneratori comporterà l'esigenza di poter disporre, in fase di cantiere, di aree pianeggianti con dimensioni indicative standard di circa 4.450 m², al netto della superficie provvisoria di stoccaggio delle pale (2.000 m² circa).

Al termine dei lavori le suddette aree verranno ridotte ad una superficie di circa 1.500 m² al netto dell'ingombro del plinto di fondazione, estensione necessaria per consentire l'accesso all'aerogeneratore e le operazioni di manutenzione. A tal fine le superfici in esubero saranno ripristinate morfologicamente, stabilizzate e rinverdate in accordo con le tecniche previste per le operazioni di ripristino ambientale (Elaborato WIND008-TC15 "Interventi di mitigazione e recupero ambientale - particolari costruttivi").

Nelle aree allestite per le operazioni di cantiere troveranno collocazione l'impronta della fondazione in cemento armato, le aree destinate al posizionamento delle gru principale e secondaria di sollevamento nonché dei tronchi della torre e della navicella.

La necessità di disporre di aree piane appositamente allestite discende da esigenze di carattere operativo, associate alla disponibilità di adeguati spazi di manovra e stoccaggio dei componenti dell'aerogeneratore, nonché da imprescindibili requisiti di sicurezza da conseguire nell'ambito delle delicate operazioni di assemblaggio delle turbine e di manovra delle gru.

Sotto il profilo realizzativo e funzionale, in particolare, gli spazi destinati al posizionamento delle gru ed allo stoccaggio dei tronchi della torre in acciaio e della navicella dovranno essere opportunamente spianate ed assumere appropriati requisiti di portanza. Per quanto attiene all'area provvisoria di stoccaggio delle pale, non è di norma richiesto lo spianamento del terreno, essendo sufficiente la presenza di un'area stabile

sufficientemente estesa ed a conformazione regolare, priva di ostacoli e vegetazione arborea per tutta la lunghezza delle pale. In tale area dovranno, in ogni caso, essere garantiti stabili piani di appoggio su cui posizionare specifici supporti in acciaio, opportunamente sagomati, su cui le pale saranno provvisoriamente posizionate ad una conveniente altezza dal suolo. Al riguardo corre l'obbligo di segnalare come le aree di stoccaggio pale individuate negli elaborati grafici di progetto assumano inevitabilmente carattere indicativo, potendosi prevedere, in funzione delle situazioni locali, anche uno stoccaggio separato delle pale, in posizioni comunque compatibili con lo sbraccio delle gru, ai fini del successivo sollevamento.

Laddove le condizioni locali non consentano di individuare appropriati spazi per lo stoccaggio a bordo macchina delle pale e/o dei conchi della torre e della navicella, potrà prevedersi l'allestimento di una piazzola di conformazione ridotta procedendo al c.d. montaggio *just in time* dell'aerogeneratore, ossia assemblando gli elementi immediatamente dopo il trasporto in piazzola.

Le piazzole di cantiere saranno realizzate, previa operazioni di scavo e riporto e regolarizzazione del terreno, attraverso la posa di materiale arido, opportunamente steso e rullato per conferirgli portanza adeguata a sostenere il carico derivante dalle operazioni di sollevamento dei componenti principali dell'aerogeneratore (circa 20 t/m² nell'area più sollecitata).

Al fine di evitare il sollevamento di polvere nella fase di montaggio, le superfici così ottenute saranno rivestite da uno strato di ghiaietto stabilizzato per mantenere la superficie della piazzola asciutta e pulita.

6.4 Fondazione aerogeneratore

Lo schema "tipo" della struttura principale di fondazione per la torre di sostegno prevede la realizzazione in opera di un plinto isolato in conglomerato cementizio armato a sezione circolare (Elaborato *WIND008-TC14- Schema fondazione aerogeneratore e Figura 6.27*).

L'assetto geologico dell'area degli aerogeneratori di un basamento litoide afferente all'Unità di Benetutti, facies Orune [BTUb], interessati nel primo metro corticale da fenomeni più o meno spinti di alterazione eluviale e da detensionamento e sormontato da una coltre eluvio-colluviale [b2], di spessore limitato a qualche decimetro.

La tipologia dei terreni è dunque idonea per la realizzazione di fondazioni dirette, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri puntuali in tutte le postazioni eoliche, attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geotecniche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione esecutiva.

Il basamento di fondazione previsto in progetto è del tipo a plinto superficiale, da realizzare in opera in calcestruzzo armato, a pianta circolare di diametro indicativo pari a 24.5 metri.

La fondazione è sostanzialmente una piastra circolare a sezione variabile con spessore massimo al centro, pari a circa 320 cm, e spessore minimo al bordo, pari a 60 cm.

La porzione centrale, denominata "colletto", presenta altezza costante di 3.20 m per un diametro indicativo pari a 6.00 m.

Il colletto è il nucleo del basamento in cui verranno posizionati i tirafondi di ancoraggio del primo anello della torre metallica, il restante settore circolare sarà ricoperto con uno strato orizzontale di rilevato misto arido, con funzione stabilizzante e di mascheramento.

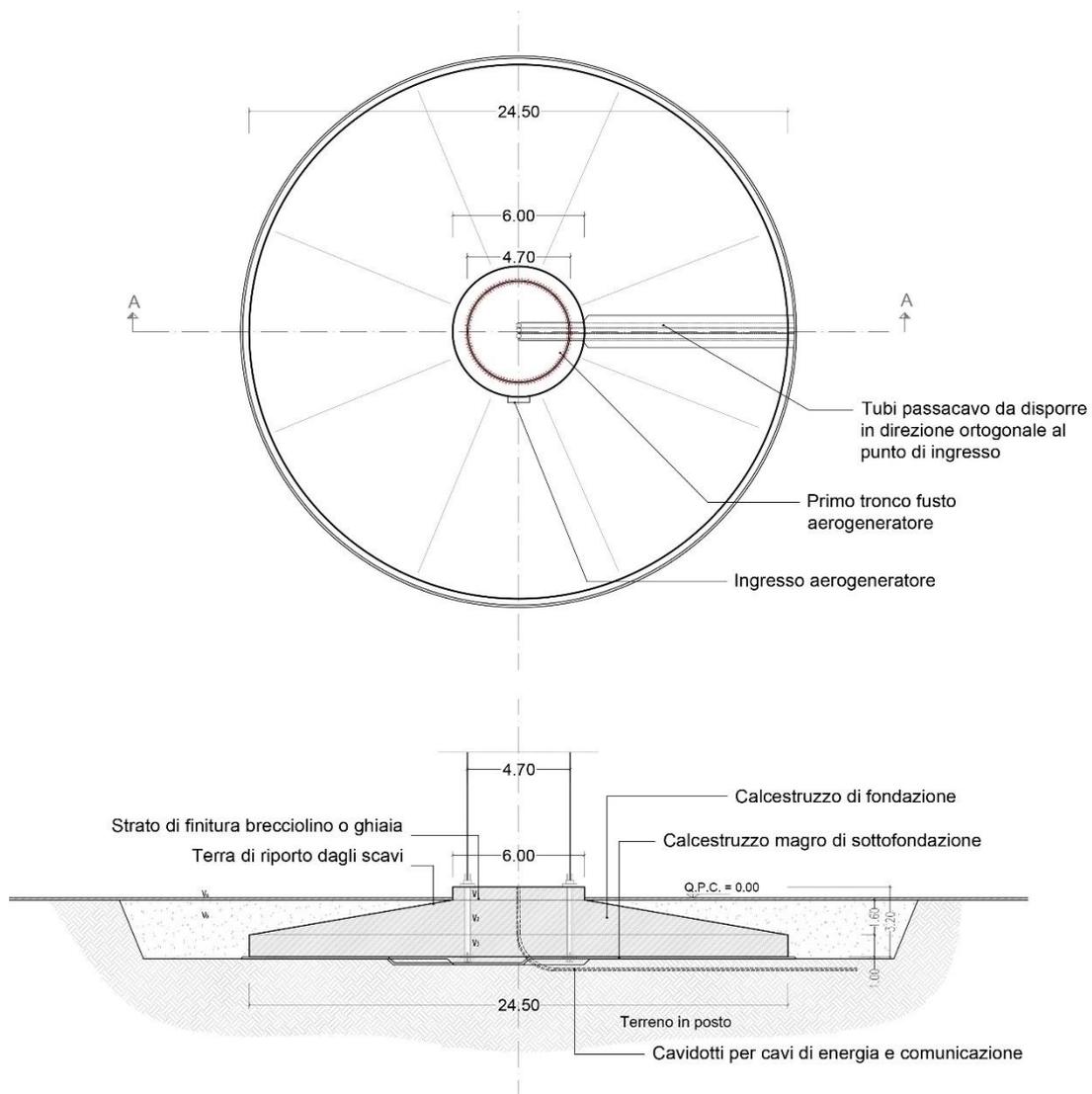


Figura 6.27 – Pianta e vista della fondazione tipo dell'aerogeneratore

Il calcestruzzo dovrà essere composto da una miscela preparata in accordo con la norma EN 206-1 nella classe di resistenza C30/37 per la platea e C45/55 per il piedistallo (colletto), essendo questa la zona maggiormente sollecitata a taglio e torsione.

L'armatura dovrà prevedere l'impiego di barre in acciaio ad aderenza migliorata B450C in accordo con Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 14/01/2008, con resistenza minima allo snervamento pari a $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$. La gabbia delle armature metalliche sarà costituita da barre radiali, concentriche e verticali nonché anelli concentrici, in accordo con gli schemi forniti dal costruttore.

L'ancoraggio della torre eolica alla struttura di fondazione sarà assicurato dall'installazione di apposita flangia (c.d. viròla), fornita dalla casa costruttrice dell'aerogeneratore, che sarà perfettamente allineata alla verticale e opportunamente resa solidale alla struttura in cemento armato attraverso una serie di tirafondi filettati ed un anello in acciaio ancorato all'interno del colletto.

Il plinto deve essere rinterrato sino alla quota del bordo esterno del colletto con materiale di rinterro adeguatamente compattato in modo che raggiunga un peso specifico non inferiore a 18 kN/m^3 .

Nella struttura di fondazione troveranno posto specifiche tubazioni passacavo funzionali a consentire il passaggio dei collegamenti elettrici della turbina nonché le corde di rame per la messa a terra della turbina.

La geometria e le dimensioni indicate in precedenza sono da ritenersi orientative e potrebbero variare a seguito delle risultanze del dimensionamento esecutivo delle opere nonché sulla base di eventuali indicazioni specifiche fornite dal fornitore dell'aerogeneratore, in funzione della scelta definitiva del modello di turbina che sarà operata successivamente all'ottenimento dell'Autorizzazione Unica del progetto.

Sulla base dell'attuale stato di conoscenze, peraltro, la suddetta configurazione di base dell'opera di fondazione si ritiene ragionevolmente idonea ad assolvere le funzioni di statiche che le sono assegnate, considerata la presenza diffusa di un substrato lapideo rinvenibile a modeste profondità dal piano campagna, tale da escludere la necessità del ricorso a fondazioni profonde.

Dal punto di vista strutturale la fondazione viene verificata considerando:

- il peso proprio della fondazione stessa e del terreno soprastante determinato in conformità alla normativa vigente;
- l'azione di compressione generata dai tiranti che collegano l'anello superiore (solidale con la flangia di base della torre) con l'anello inferiore posato all'interno del getto del colletto.
- i carichi di progetto trasmessi dall'aerogeneratore, riferibili ad una turbina riferibile al modello SG 170 con altezza del mozzo da terra di 135 m, diametro rotore di 170 m e potenza nominale di 6,6 MW.

La verifica preliminare del dimensionamento delle fondazioni è riportata nell'allegato Elaborato *WIND008-RC3-Calcoli preliminari di dimensionamento delle strutture*.

La profondità del piano di appoggio della fondazione rispetto alla quota del terreno sarà variabile in funzione della quota stabilita per il piano finito della piazzola, in relazione alle caratteristiche morfologiche dello specifico sito di installazione e delle esigenze di limitare le operazioni di movimento terra, secondo

quanto rappresentato nei disegni costruttivi nell'Elaborato *WIND008-TC14 - Schema fondazione aerogeneratore*.

Le attività di scavo per l'approntamento della fondazione interesseranno una superficie circolare di circa 32 m di diametro e raggiungeranno la profondità massima di circa 3,20 m dal piano di campagna. I volumi del calcestruzzo del plinto e del terreno di rinterro sono i seguenti:

- volume del calcestruzzo magro di sottofondazione: 47 m³
- volume della platea in c.a.: ~ 672 m³
- volume del colletto in c.a.: 8 m³
- volume del terreno di rinterro: ~ 932 m³

Al termine delle lavorazioni la platea di fondazione risulterà totalmente interrata mentre resterà parzialmente visibile il colletto in cls che racchiude la flangia di base in acciaio al quale andrà ancorato il primo concio della torre.

6.5 Opere di regolazione dei deflussi

La realizzazione della viabilità di servizio alle postazioni eoliche in progetto comporterà necessariamente di prevedere adeguate opere di regimazione delle acque superficiali al fine di scongiurare fenomeni di ristagno ed erosione accelerata dei manufatti. L'Elaborato *WIND008-TC13-Opere di regimazione acque superficiali - Planimetria generale* del Progetto definitivo illustra i principali interventi da porre in essere per assicurare un'ottimale regimazione delle acque di ruscellamento diffuso e incanalato interferenti con le infrastrutture viarie in progetto e con le piazzole degli aerogeneratori.

Come criterio generale, il progetto ha previsto una pendenza minima trasversale della carreggiata e dei piazzali del 1.5% nonché la predisposizione di cunette stradali atte a favorire il deflusso delle acque meteoriche. Laddove necessario, soprattutto in corrispondenza delle aree in cui i terreni presentino caratteristiche di idromorfia ed avvallamenti, il progetto della viabilità è stato concepito per non ostacolare il naturale deflusso delle acque superficiali, evitando un effetto diga, attraverso la predisposizione di un capillare sistema di tombini di attraversamento del corpo stradale, in numero e dimensioni ridondanti rispetto alle portate da smaltire.

Ove opportuno, in particolare in prossimità delle opere di fondazione degli aerogeneratori, saranno realizzati fossi di guardia atti a recapitare le acque di corrivazione superficiale entro i compluvi naturali.

Sono state previste, infine, opportune opere di smaltimento delle acque intercettate dalle canalette (Elaborato *WIND008 -TC13-Opere di regimazione acque superficiali*).

6.6 Interventi di ripristino, mitigazione e compensazione ambientale

6.6.1 Criteri generali

Come criteri generali di conduzione del cantiere si provvederà a:

1. garantire ed accertare:
 - a. 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;
 - b. il rapido intervento per il contenimento e l'assorbimento di eventuali sversamenti accidentali di rifiuti liquidi e/solidi interessanti acqua e suolo;
2. la gestione, in conformità alle leggi vigenti in materia, di tutti i rifiuti prodotti durante l'esecuzione delle attività e opere;
3. il coinvolgimento della vegetazione arborea ed arbustiva dovrà essere limitato al minimo indispensabile per la realizzazione delle opere, prediligendo, in fase di cantiere, l'occupazione di superfici prive di coperture legnose;
4. in caso di parziale interferenza con esemplari arborei di grandi dimensioni, dovranno essere eseguiti interventi conservativi di ridimensionamento delle chiome, eseguiti da esperto arboricoltore, finalizzati al mantenimento dell'esemplare in uno stato fitosanitario ottimale;
5. il trasporto delle componenti in cantiere dovrà avvenire con l'impiego di mezzo con dispositivo "alzapala";
6. per quanto riguarda le operazioni di escavo:
 - a) asportare, preliminarmente alla realizzazione delle opere, il terreno di scotico, che sarà prelevato avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali e quelli più profondi, ai fini di un successivo riutilizzo per i ripristini ambientali. Si avrà inoltre cura di riutilizzare gli orizzonti superficiali del suolo in corrispondenza del sito dal quale sono stati rimossi al fine di evitare l'introduzione accidentale di specie aliene invasive o, in alternativa, in aree con caratteristiche edafiche e vegetazionali compatibili;
 - b) privilegiare il riutilizzo in situ dei materiali profondi derivanti dagli escavi, in particolare di quelli provenienti dagli scavi necessari per realizzare le fondazioni degli aerogeneratori, giacché il substrato roccioso assicura la disponibilità abbondante di materiale idoneo da impiegare per la costruzione della soprastruttura di strade e piazzole;
7. smantellare i cantieri immediatamente al termine dei lavori ed effettuare lo sgombero e l'eliminazione dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'opera, evitando la creazione di accumuli permanenti in situ;

8. adottare, in fase esecutiva, particolari accorgimenti per minimizzare le interferenze sul patrimonio arboreo dovute alla realizzazione delle piste e delle piazzole, sia adottando specifiche soluzioni progettuali che limitando l'impatto al taglio di rami. Nei casi in cui si renderà necessario il taglio di alberi si provvederà, in tutte le situazioni in cui ciò sia attuabile, a espiantare e reimpiantare, in luoghi idonei dal punto di vista pedologico, eventuali esemplari arborei di sughera o altre specie autoctone, presenti sia lungo i tracciati stradali che nelle piazzole. Tali interventi saranno eseguiti nella stagione più idonea, secondo le appropriate tecniche colturali e pianificati con l'assistenza di un esperto, al fine di valutare correttamente la possibilità di eseguirle in funzione delle dimensioni dell'apparato radicale e delle caratteristiche di lavorabilità del terreno;
9. Definire il cronoprogramma delle attività di cantiere al fine di limitare al minimo la durata delle fasi provvisorie (scavi aperti, passaggio di mezzi d'opera, stoccaggio temporaneo di materiali) nell'ottica di ridurre convenientemente gli effetti delle attività realizzative sull'ambiente circostante non interessato dagli interventi;
10. non sarà consentita l'apertura di varchi tra la vegetazione circostante per l'accesso a piedi ai cantieri;
11. durante l'esecuzione dei lavori, operare in modo da ridurre al minimo l'emissione di polvere, privilegiando, se necessario, l'utilizzo di mezzi pesanti gommati, prevedendo la periodica bagnatura delle aree di lavorazione, minimizzando la durata temporale e le dimensioni degli stoccaggi provvisori di materiale inerte, contenendo l'altezza di caduta dei materiali movimentati nell'ambito delle attività di caricamento degli automezzi di trasporto;
12. durante la fase di esercizio sarà rigorosamente vietato l'impiego di diserbanti e disseccanti per la manutenzione delle superfici di servizio.

6.7 Misure di compensazione e miglioramento ambientale

La predisposizione di idonee misure di compensazione è subordinata alla preventiva analisi di contesto ambientale e socio-economico, finalizzata all'individuazione delle reali esigenze territoriali in relazione alla componente flora e vegetazione, integrata con le restanti componenti biotiche, prendendo al contempo in considerazione gli effetti diretti dell'opera. Le misure di compensazione proposte si prefiggono inoltre lo scopo di migliorare la qualità ambientale del sito e valorizzare gli elementi territoriali di pregio in linea con i principi della *restoration ecology*. Sulla base di tale analisi, si ritiene opportuno adottare i seguenti interventi compensativi:

- Riforestazione compensativa. La vegetazione arborea ed arbustiva complessivamente sottratta dalla realizzazione delle opere permanenti e temporanea dovrà essere compensata mediante riforestazione di una superficie minima pari o superiore a quella persa, mediante l'impiego delle

specie *Quercus suber* e *Quercus gr. pubescens*. In numero pari o superiore ai 1.000 esemplari ad ettaro.

- Creazione di siepi. Lungo i tratti di viabilità novativa non costeggiati da vegetazione arborea ed arbustiva spontanea verranno predisposte siepi arbustive plurispecifiche costituite da specie già presenti nel sito allo stato spontaneo, caratterizzate da un elevato potere mellifero e capacità di produzione di frutti carnosì.
- Rinverdimenti delle superfici di cantiere. Tutte le aree rese libere alla chiusura del cantiere e non più funzionali alla gestione dell'impianto in fase di esercizio dovranno essere rinverdate mediante seminagione di miscugli autoctoni per la costituzione di un cotico erboso e la successiva piantumazione di essenze basso-arbustive autoctone con funzione stabilizzatrice, quali:
 - *Cistus salviifolius*
 - *Lavandula stoechas*
 - *Helichrysum italicum subsp. tyrrhenicum*.

Gli individui da mettere a dimora dovranno essere reperiti da vivai locali autorizzati alla cessione di materiale vegetale.

Per le superfici pianeggianti o debolmente acclivi, l'azione di rinverdimento dovrà essere preceduta da posa di terreno vegetale o suolo accotono di scotico a costituire uno strato di profondità non inferiore ai 30 cm. In presenza di scarpate e rilevati, il rinverdimento dovrà avvenire sulla base di idonee tecniche di ingegneria naturalistica finalizzata alla stabilizzazione delle superfici (es. idrosemina, biostuoia, piantumazione di arbusti bassi precedentemente indicati).

6.8 Superfici occupate

La superficie produttiva complessivamente interessata dall'impianto, valutata come inviluppo delle postazioni degli aerogeneratori, ammonta a circa 1300 ha; quella effettivamente occupata dalle opere in fase di cantiere è pari a circa 19,5 ettari, ridotti indicativamente a 11,3 ettari a seguito delle operazioni di ripristino morfologico-ambientale (ossia circa l'1% della superficie di inviluppo delle postazioni). Le superfici occupate dalle opere sono così suddivise:

Piazzole di cantiere aerogeneratori	80.070 m ² (comprensivi di scarpate)
Piazzole definitive a ripristino avvenuto	~ 22.665 m ²
Ingombro fisico delle torri di sostegno	~300 m ²
Viabilità di impianto in adeguamento (nuovo ingombro complessivo stimato del solido stradale rispetto all'esistente)	~26.560 m ²
Viabilità di impianto di nuova realizzazione (ingombro complessivo stimato del solido stradale)	59.000 m ²
Piazzole temporanee di montaggio gru	10.120 m ²
Aree di cantiere e trasbordo	~19.700 m ²
Superfici complessivamente occupate in fase di cantiere	195.450 m²
Superfici complessivamente occupate a ripristino avvenuto	113.370 m²

Corre l'obbligo di evidenziare come in corrispondenza delle superfici funzionali al montaggio degli aerogeneratori, a fine lavori sarà favorita la ripresa della vegetazione naturale, assicurando la possibilità di recupero delle funzioni ecologiche delle aree nonché il loro reinserimento estetico-percettivo.

6.9 Movimenti terra

Alla luce delle stime condotte nell'ambito dello sviluppo del progetto definitivo delle opere civili funzionali all'esercizio del parco eolico, si prevede che la realizzazione delle stesse determinerà l'esigenza di procedere complessivamente allo scavo di circa 163.459 m³ di materiale, misurati in posto, al netto dei volumi che scaturiscono dalla realizzazione dei cavidotti.

Considerate le caratteristiche geologiche dell'ambito di intervento, caratterizzato da presenza di un basamento litoide afferente all'Unità di Benetutti, facies Orune [BTUb], interessati nel primo metro corticale da fenomeni più o meno spinti di alterazione eluviale e da detensionamento e sormontato da una coltre eluvio-colluviale [b2], di spessore limitato a qualche decimetro.

Questa configurazione litostratigrafica consente quindi di prevedere l'appoggio diretto delle opere fondali degli aerogeneratori sia su substrato roccioso, ma anche sul "sabbione granitico", anch'esso dotato di elevate caratteristiche di resistenza al taglio e di rigidità tali da evitare qualsiasi condizione di instabilità dell'insieme opera-terreno nel tempo.

Tali circostanze, per le finalità del Piano di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti (Elaborato WIND008-RC12), si traducono nell'individuazione di un litotipo di scavo con idonee proprietà fisico-meccaniche e geotecniche per il riutilizzo allo stato naturale, nel sito in cui è stato escavato, ai fini della formazione di rilevati e soprastrutture di strade di impianto e piazzole di macchina.

La restante parte, sulla base delle informazioni al momento disponibili, sarà prevalentemente costituita da materiale terrigeno di copertura (~38.600 m³).

La Tabella 6.1 riepiloga il bilancio complessivo dei movimenti di terra previsti nell'ambito della costruzione del parco eolico, comprensivo dei cavidotti di impianto e del cavidotto a 36kV di collegamento alla RTN.

Tabella 6.1 – Bilancio complessivo dei movimenti di terra

Parco eolico	
	[m ³]
Totale materiale scavato in posto	163 459
Totale materiale approvvigionato dall'esterno in fase di cantiere	2 664
Totale materiale riutilizzato in sito	163 459
Totale materiale approvvigionato dall'esterno in fase di ripristino	0
a rifiuto	0
Cabina colletttrice d'impianto	
Totale materiale scavato in posto	858
Totale materiale riutilizzato in sito	858
a rifiuto	0
Cavidotti	
	[m ³]
Totale materiale scavato	48 180
Totale materiale riutilizzato in sito	36 135
a rifiuto	12 045
Totale complessivo	
	[m ³]
Totale materiale scavato in posto	212 497
Totale materiale riutilizzato in sito	200 452
Totale a rifiuto	12 045

In definitiva, a fronte di un totale complessivo di materiale scavato in posto stimato in circa 212.497 m³, ferma restando l'esigenza di procedere agli indispensabili accertamenti analitici sulla qualità dei terreni e delle rocce, si prevede un recupero significativo per le finalità costruttive del cantiere (94% circa), da attuarsi in accordo con i seguenti criteri generali. Per tali materiali, trattandosi di un riutilizzo allo stato naturale nel sito

in cui è avvenuta l'escavazione (i.e. il cantiere), ricorrono le condizioni per l'esclusione diretta dal regime di gestione dei rifiuti, in accordo con le previsioni dell'art. 185 c. 1 lett. c del TUA:

- **riutilizzo in sito dei materiali litoidi e sciolti**, allo stato naturale per le operazioni di rinterro delle fondazioni, formazione di rilevati stradali, costruzione della soprastruttura delle piazzole di macchina e delle strade di servizio del parco eolico (in adeguamento e di nuova realizzazione);
- **Riutilizzo integrale in sito del suolo vegetale** nell'ambito delle operazioni di recupero ambientale;
- **Riutilizzo in sito del terreno escavato nell'ambito della realizzazione dei cavidotti** con percentuale di recupero del 75% circa.;
- **Gestione delle terre e rocce da scavo in esubero rispetto alle esigenze del cantiere in regime di rifiuto**, da destinarsi ad operazioni di recupero o smaltimento.

Come specificato in precedenza, il materiale in esubero e non riutilizzato in sito è al momento stimato in circa 12.045 m³.

Per tali materiali l'organizzazione dei lavori prevedrà, in via preferenziale, il conferimento in altro sito per interventi di recupero ambientale o per l'industria delle costruzioni, in accordo con i disposti del D.M. 5 febbraio 1998. L'allegato 1 del DM prevede, infatti, l'utilizzo delle terre da scavo in attività di recupero ambientale o di formazione di rilevati e sottofondi stradali (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.

6.10 Rischio di incidenti

6.10.1 Principali rischi per la sicurezza individuabili

L'operatività di un parco eolico, al pari di ogni impianto produttivo, configura rischi potenziali sulla sicurezza e sulla salute pubblica. Evidentemente alcuni di questi rischi, in termini probabilistici, possono coinvolgere maggiormente gli addetti alle manutenzioni o, eventualmente, qualche occasionale visitatore. Gli aspetti che possono determinare rischi per la sicurezza e la salute delle persone sono riferirsi a:

1. campi elettromagnetici;
2. caduta di ghiaccio;
3. caduta di parti della pala in caso di rottura;
4. incendi;
5. elettrocuzione.

1) Per quanto attiene alla propagazione di campi elettromagnetici si rimanda alle considerazioni contenute nel Quadro di riferimento ambientale dello SIA.

2) Il problema legato alla caduta del ghiaccio, anche se per il sito in esame tale condizione rappresenta un evento non frequente, è comunque una eventualità da considerare. Il meccanismo legato a tale evento è originato in periodo invernale da una fase climatica caratterizzata da temperature al disotto dello "0" seguita da un rapido rialzo della temperatura; in tale condizione vi può essere la caduta di pezzi di ghiaccio che, con il rotore in movimento possono essere scagliati ad una certa distanza. Al riguardo dalle varie ditte produttrici sono stati eseguiti una serie di studi che hanno evidenziato che il ghiaccio, più che essere proiettato a distanza, cade a breve distanza dalle pale, anche se queste sono in movimento, e si frammenta in volo. La rilevanza del problema, per quanto l'eventualità che si manifesti sia remota, è comunque da ritenersi pressoché trascurabile; nelle pale di ultima generazione, infatti, i trattamenti superficiali riducono drasticamente l'eventualità di formazione del ghiaccio. Inoltre, attraverso una specifica formazione degli addetti alle manutenzioni e dei proprietari delle aree, è possibile prevenire tali eventualità con una adeguata informazione e formazione preventiva.

3) In merito alla caduta di parti delle pale in caso di rottura, è evidente che, durante il normale funzionamento, le pale di una turbina sono soggette alla forza centripeta, a quella gravitazionale ed a una serie di forze aerodinamiche che producono una serie di sollecitazioni assiali e torsionali sulle stesse, azioni che possono causare la rottura della pala o di una parte di questa. La traiettoria di caduta e la distanza che si può raggiungere dipendono dalle caratteristiche e dalla posizione del pezzo che si rompe, dai carichi e dalle sollecitazioni alle quali è sottoposto, dal movimento e dalla posizione della pala al momento della rottura. Si ha inoltre l'eventualità che la rottura sia conseguente ad atti di vandalismo; in ogni caso rotture delle pale accidentali o procurate, sono estremamente rare, tipiche delle turbine di vecchia tecnologia e dovute ad errori di montaggio o superamento delle condizioni limite di progetto. I sistemi di sicurezza e controllo delle moderne turbine sono tali da annullare la possibilità di rottura delle pale, per cui tale evenienza è riconducibile esclusivamente ad atti vandalici. Questi ultimi, vista la significativa quota delle pale, possono ricondursi esclusivamente, all'eventualità che le pale siano oggetto di bersaglio di armi da fuoco. In tale circostanza, improbabile e del tutto remota, gli eventuali piccoli fori causati dai proiettili non sarebbero tali da causare una rottura repentina, ma piuttosto anomalie di funzionamento rilevabili di sistemi di controllo e pertanto tali da porre in blocco la turbina in attesa delle riparazioni del caso. Sull'argomento si rimanda alla consultazione dello studio specifico di cui all'elaborato progettuale WIND008-RA16.

4) L'eventualità dello scoppio di un incendio è legata in particolare alla fase di cantiere per la presenza di macchine o attrezzature elettriche e il deposito e utilizzo di carburanti ed oli combustibili. Gli incendi causati direttamente o indirettamente dal funzionamento delle turbine eoliche sono limitati; nella quasi totalità dei casi sono riconducibili a problemi derivanti da sistemi elettrici o a surriscaldamenti delle componenti meccaniche. In tal caso il rischio di propagazione all'esterno dell'incendio è pressoché nullo; ciò in quanto tutte le componenti elettriche e meccaniche sono confinate all'interno della torre e della navicella senza possibilità

di trasferimento all'esterno delle potenziali sorgenti di innesco. I pericoli connessi al rischio incendio possono comunque essere gestiti e mitigati attraverso una serie di misure tipiche delle buone pratiche di progettazione e delle procedure di sicurezza: piani di valutazione del rischio incendio, programmi di formazione ed informazione, regolare manutenzione e rispetto delle procedure.

5) I potenziali fenomeni di elettrocuzione sono riferibili a condizioni di malfunzionamento/guasti delle apparecchiature elettriche o da fulminazione delle stesse, con induzione di correnti trasmesse attraverso il terreno o altri conduttori. Le normali buone pratiche di progettazione, l'utilizzo di adeguate componenti elettriche (sistemi trifase, sistemi di messa a terra, e di protezione dai fulmini) e la corretta formazione ed informazione degli addetti alla manutenzione non rendono necessari interventi di mitigazione.

6.10.2 Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore

L'esperienza di pluriennale esercizio dei moderni impianti eolici attesta come le turbine di grande taglia siano installazioni estremamente affidabili sotto il profilo meccanico-strutturale nonché ambientalmente sicure.

In accordo con quanto suggerito dalle Linee Guida Nazionali sulle Fonti Rinnovabili (DM 10/09/2010), nel seguito sarà condotta una stima approssimativa della distanza massima che può essere raggiunta da una pala di un generatore eolico tipo *Siemens-Gamesa SG170* da 6.6 MW con altezza al mozzo di 135 m, nell'ipotesi di distacco dell'intera pala durante condizioni nominali di funzionamento dello stesso.

Premesso che la determinazione della reale distanza raggiunta da una pala distaccatasi dal rotore di un aerogeneratore (c.d. gittata), in funzione delle condizioni iniziali e al contorno, è estremamente complessa, a causa dell'influenza di un elevato numero di fattori, le stime semplificate di seguito condotte, hanno l'obiettivo di pervenire ad un valore indicativo di riferimento e di determinare l'incertezza approssimativa del dato stesso.

In particolare, lo studio è stato condotto calcolando la gittata del centro di gravità (stimato) della pala, a partire dalle condizioni iniziali teoriche di massima gittata (indicativamente $\pm 30\div 45^\circ$ dall'asse orizzontale con pala in salita) e con ipotesi semplificative circa gli effetti della resistenza/portanza aerodinamica.

I calcoli di seguito illustrati pervengono, in ogni caso, ad una stima conservativa circa la portata del fenomeno includendo solo le forze d'inerzia ed escludendo le forze viscosi. Al riguardo, verifiche sperimentali condotte da Vestas sulla gamma dei propri modelli di aerogeneratore in esercizio² indicano come le forze di resistenza che si esercitano sulla pala fanno sì che la gittata reale sia inferiore di circa il 20% rispetto a quella stimata secondo le ipotesi di calcolo sopra indicate.

² Dato riferito all'anno 2007

Il distacco o la rottura della pala sono eventi che si verificano per condizioni operative al di fuori del normale *range* di funzionamento delle macchine. Gli aerogeneratori per i quali si prevede l'installazione nell'ambito del progetto di impianto eolico da 99 MW nel territorio di Nuoro (NU) sono provvisti di sistemi di arresto che intervengono quando le condizioni di funzionamento sono tali da compromettere la funzionalità della macchina e la sicurezza pubblica.

6.10.2.1 Geometria del problema

La stima della gittata di un elemento rotante si basa sull'ipotesi di considerare lo stesso come un corpo rigido, ovvero un insieme di particelle soggette a forze tali da mantenere costanti nel tempo le loro distanze relative.

Nello studio si considera il moto del corpo bidimensionale, traslatorio e curvilineo, rappresentato da un punto materiale (assunto coincidente con il baricentro dell'elemento rotante) lanciato in aria obliquamente sottoposto all'accelerazione di gravità costante "g" diretta verso il basso e a velocità iniziale impressa dalla rotazione della pala.

Il calcolo della gittata massima in caso di distacco di una pala dell'aerogeneratore segue il principio della balistica applicata al moto dei proiettili. Si sottolinea come i calcoli qui riportati siano stati condotti considerando nulla la resistenza d'attrito con l'aria, nonché gli effetti di portanza aerodinamica. Il moto reale è molto più complesso, in quanto dipende dalle caratteristiche aerodinamiche e dalle condizioni iniziali (rollio, imbardata e beccheggio della pala).

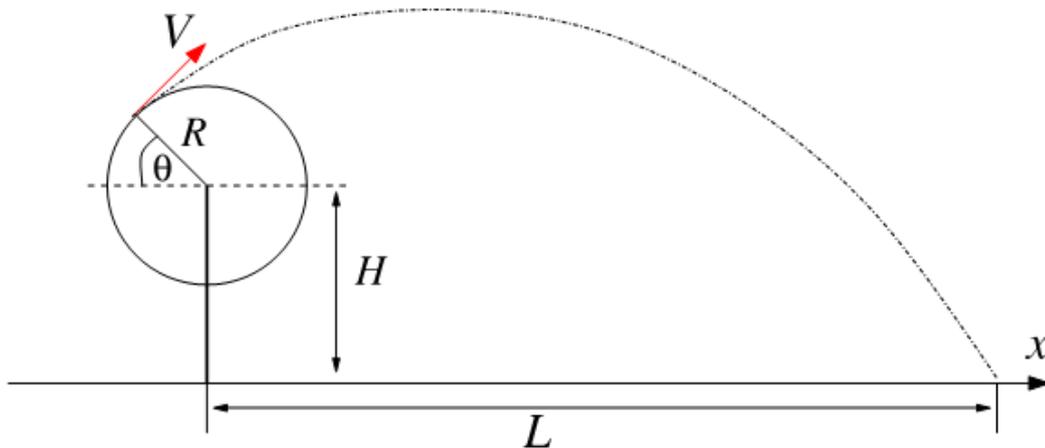


Figura 6.28 – Schema geometrico del fenomeno di distacco della pala di un aerogeneratore

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità, in accordo con lo schema semplificato di Figura 6.28, sono le seguenti:

$$d^2x/dt^2=0$$

$$d^2y/dt^2=-g$$

dove $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

La legge del moto soluzione di queste equazioni è la seguente:

$$x(t) = x_0 + v_x t \quad (1)$$

$$y(t) = y_0 + v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

La posizione e la velocità iniziale sono determinati dall'angolo θ e dalla velocità tangenziale V del centro di massa della pala al momento del distacco. Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$x_0 = -R \cos(\theta)$$

$$y_0 = H_m + R \sin(\theta) \text{ con } H_m \text{ altezza al mozzo dell'aerogeneratore}$$

$$v_x = V \sin(\theta)$$

$$v_y = V \cos(\theta)$$

La gittata L è la distanza dalla torre del punto di impatto al suolo del centro di massa della pala.

6.10.2.2 Dati di base per il calcolo

I dati di base sono quelli caratteristici dell'aerogeneratore *Siemens - Gamesa SG170 da 6.6 MW*. La lunghezza della pala è pari a 83,33 m e l'altezza della torre del generatore eolico, all'asse di rotazione, 135 m.

La massa della pala di riferimento è pari indicativamente a 25.000 kg; il centro di massa della pala risulta approssimativamente posizionato ad una distanza dal centro di rotazione pari ad un terzo della lunghezza della pala.

Si è assunta per il calcolo una velocità massima di rotazione V di 11.5 rpm, pari a quella massima indicata per l'aerogeneratore di riferimento.

6.10.2.3 Calcolo della gittata

Nel caso in esame si suppone che l'incidentale distacco della pala avvenga nelle condizioni più gravose ovvero:

- alla velocità massima del rotore, pari a 11.5 giri/minuto;
- nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata, sulla base delle formule di calcolo sotto riportate, è risultata massima (angolo $\theta = \sim 30^\circ$);
- con il centro di massa posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

L'aerogeneratore previsto, ossia il modello *SG170 da 6.6 MW*, possiede:

- altezza al mozzo dell'aerogeneratore $H_m = 135$ m;
- lunghezza della pala dell'aerogeneratore $L_p = 83,33$ m;
- distanza dal mozzo del centro di massa della Pala $D_{cm} = L_p / 3 = 27,77$ m;
- Massima Velocità Angolare Rotore $V_{ang} = 11$ Giri/min = $11,5 \times 2 \pi / 60 = 1,20$ Rad/sec;

La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze generalizzate agenti sulla pala. La pala, quindi, quando inizierà il suo moto, continuerà a ruotare (conservazione della quantità di moto). L'unica forza inerziale agente in questo caso è la forza di gravità.

La durata del volo considerato è determinata considerando la velocità verticale iniziale applicata al centro di gravità. Il tempo risultante è usato per calcolare la distanza orizzontale (gittata) nel piano. La gittata è determinata dalla velocità orizzontale al momento del distacco iniziale.

Assunto un sistema di riferimento con origine sul terreno in corrispondenza dell'asse della torre, l'ordinata del centro di massa al momento del distacco della pala è data dall'altezza del mozzo sommata alla distanza verticale del centro di massa della pala rispetto al suo centro di rotazione:

$$y_0 = H_m + D_{cm} = 148,9 \text{ m}$$

Analogamente l'ascissa del centro di massa al momento del distacco risulta:

$$x_0 = - D_{cm} = -27,77 \text{ m}$$

La Velocità tangenziale posseduta dal Centro di Massa V è desunta dalla Velocità Angolare V_{ang} , ossia:

$$V = V_{ang} \times D_{cm} = 33,43 \text{ m/s}$$

Le componenti verticale (V_y) ed orizzontale (V_x) di tale velocità lineare al Centro di Massa saranno:

$$V_x = V \cdot \cos(30^\circ) = 28,95 \text{ m/s}$$

$$V_y = V \cdot \sin(30^\circ) = 16,71 \text{ m/s}$$

Il tempo di decelerazione verticale T_y necessario perché la componente verticale della velocità sia nulla è dato dalla formula:

$$T_y = V_y / g = 16,71 / 9,8 = 1,70 \text{ s}$$

L'altezza massima H_{max} raggiunta si ottiene dalla formula:

$$H_{max} = y_0 + V_y \cdot T_y - 1/2 \cdot g \cdot T_y^2 = 163,1 \text{ m}$$

Il tempo di caduta T_{max} necessario affinché l'elemento rotante precipiti a terra dalla sommità si ottiene dalla relazione:

$$T_{\max} = \sqrt{H_{\max} / 4,9 \text{ m/s}^2} = 5,77 \text{ s}$$

La gittata massima L percorsa dall'elemento rotante distaccatosi dall'aerogeneratore nelle condizioni più sfavorevoli risulta quindi:

$$L = V_x * (T_{\max} + T_y) + x_0 = 192 \text{ m}$$

6.10.2.4 Considerazioni aggiuntive e valutazione conclusiva

Nei casi reali, la distanza di impatto a terra calcolata in accordo con il metodo precedentemente illustrato sarà verosimilmente inferiore, sia per le condizioni iniziali al momento del distacco, che non necessariamente saranno quelle teoriche per una gittata massima, sia per i moti rotazionali della pala, dovuti ai momenti delle forze resistenti, che comporteranno ulteriori dissipazioni di energia e condizioni generalmente meno favorevoli per il moto.

A questo riguardo, studi condotti da Vestas³ attestano come le forze di resistenza che si esercitano sulla pala fanno sì che la gittata reale sia inferiore di circa il 20% rispetto a quella stimata considerando le sole forze inerziali ed escludendo l'attrito. Sotto tale ipotesi la gittata sarebbe stimabile in circa 154 m (20% in meno rispetto al caso ideale).

D'altro canto, si osserva che la distanza calcolata è riferita alla traiettoria del suo baricentro e, pertanto, la stessa andrebbe cautelativamente incrementata dei 2/3 della lunghezza della pala, ossia di circa 55 metri nell'ipotesi che l'impatto a terra avvenga, per effetto delle rotazioni, "di piatto".

In definitiva, sulla base dei calcoli condotti nonché delle predette considerazioni e valutazioni aggiuntive inerenti alle possibili dinamiche di impatto, si valuta che la distanza indicativa che può essere raggiunta da una pala di un generatore tipo *SG170 da 6.6 MW* che si distacchi dal mozzo in condizioni nominali di funzionamento, sia di circa 209 metri.

Con riferimento alle condizioni insediative dell'area di intervento, contraddistinte dalla locale presenza di fabbricati di supporto alle attività agricole, deve evidenziarsi l'assenza di edifici stabilmente occupati da persone entro la distanza indicata rispetto alla prevista ubicazione degli aerogeneratori.

³ "Blade throw calculation under normal operating conditions" VESTAS AS Denmark July 2001

7 Dismissione e ripristino dei luoghi

Le moderne turbine eoliche di media-grande taglia hanno ad oggi un'aspettativa di vita di circa 30 anni. L'attuale tendenza nella diffusione e sviluppo dell'energia eolica è quella di procedere, in corrispondenza delle installazioni esistenti, alla progressiva sostituzione dei macchinari obsoleti con turbine più moderne ed efficienti assicurando la continuità operativa delle centrali con conseguenti prospettive di vita ben superiori ai 30 anni (c.d. *repowering*). In ogni caso, in caso di cessazione definitiva dell'attività produttiva, gli aerogeneratori dovranno essere smantellati.

Conseguentemente, la necessità di prevenire adeguatamente i rischi di deterioramento della qualità ambientale e paesaggistica conseguenti ad un potenziale abbandono delle strutture e degli impianti impone di prevedere, già in questa fase, adeguate procedure tecnico-economiche per assicurare la dismissione del parco eolico ed il conseguente ripristino morfologico-ambientale delle aree interessate dalla realizzazione dell'opera.

Nell'ottica di assicurare la disponibilità di adeguate risorse economiche per l'attuazione degli interventi di dismissione e recupero ambientale, i relativi costi saranno coperti da specifica polizza fidejussoria, a tale scopo costituita dalla società titolare dell'impianto (Nuoro Wind S.r.l.) in accordo con quanto previsto dalle norme vigenti.

La fase di *decommissioning* delle turbine in progetto, della durata complessiva stimata in circa 18 mesi, consisterà nelle attività descritte in dettaglio nello specifico elaborato progettuale (Elaborato WIND008-RC4 - *Piano di dismissione e costi relativi*).

8 Cantierizzazione e messa a regime

8.1 Premessa

L'area logistica di cantiere è situata nel settore nordoccidentale dell'impianto, nel territorio comunale di Nuoro, lungo la S.P. 41 facente parte della viabilità in adeguamento e di accesso dell'impianto eolico in progetto, in un'area sufficientemente estesa da accogliere anche l'area di trasbordo della componentistica degli aerogeneratori, funzionale alla fase di trasporto fino al sito di impianto. L'area di cantiere e di trasbordo, di superficie complessiva è pari a 19.700 m², verrà predisposta in corrispondenza di un ampio seminativo (erbaio) in località *S'Isteridorju*, caratterizzato da una copertura erbacea a foraggiere da sfalcio, con sporadici elementi erbacei segetali infestanti delle colture, ed alcuni individui arborei di quercia da sughero e roverelle, in particolare nei pressi del muretto a secco che separa l'appezzamento dalla viabilità pubblica locale.

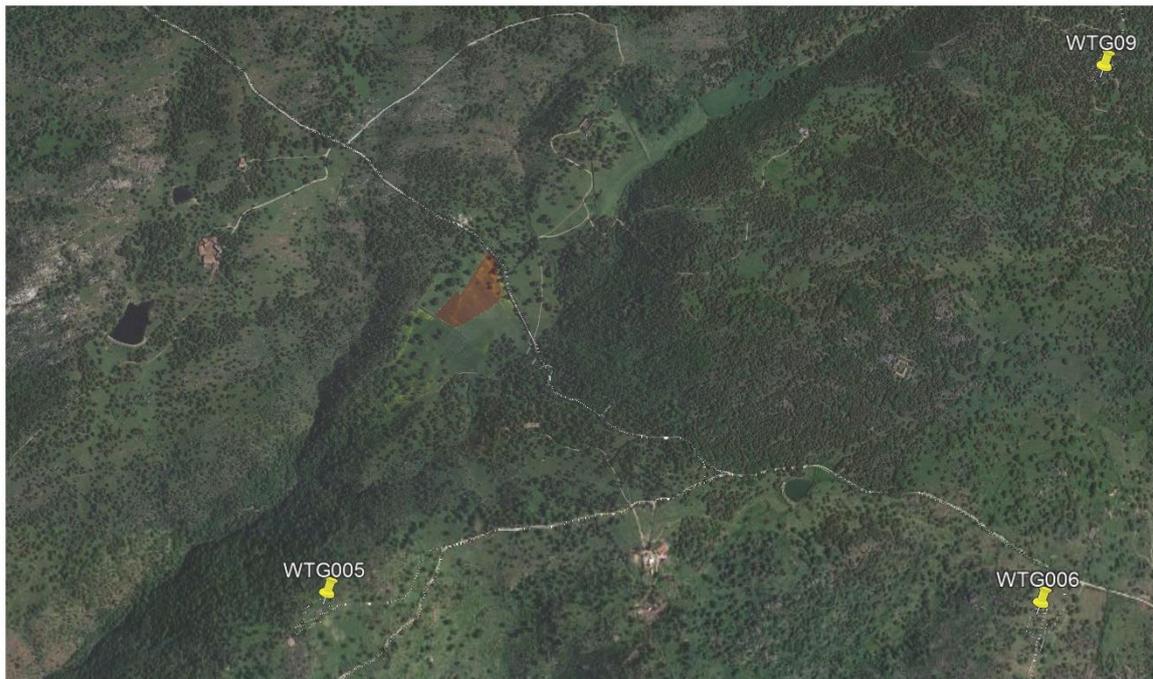


Figura 8.1 – Possibile ubicazione dell’area di cantiere con annessa area di trasbordo (in rosso).

Nell’area di cantiere, da recintarsi opportunamente con rete metallica, troveranno posto i baraccamenti di cantiere, adeguati stalli sorvegliati per il ricovero dei mezzi d’opera nonché appropriati spazi per lo stoccaggio temporaneo di materiali (vedasi al riguardo l’Elaborato *WIND008 -TC16 “Planimetria area logistica di cantiere e trasbordo”*).

La preparazione dell’area di cantiere prevede l’asportazione preliminare del suolo vegetale che sarà opportunamente accantonato al fine di consentirne il reimpiego nell’ambito delle operazioni di recupero ambientale. La sistemazione del terreno non prevede apprezzabili movimenti di terra, trattandosi di un’area subpianeggiante.

Al termine dei lavori tutte le aree di lavorazione saranno oggetto di interventi di ripristino ambientale finalizzati alla restituzione dei terreni al loro originario uso.

Durante la fase costruttiva, la disponibilità di adeguati spazi di conformazione regolare (coincidenti con le piazzole di cantiere) potrà consentire, se necessario ed in funzione delle esigenze dell’appaltatore, la dislocazione di ulteriori apprestamenti (quali locali di ricovero o bagni chimici per il personale) in posizione maggiormente accessibile per i lavoratori rispetto a quelli previsti nell’area di cantiere generale.

Il cantiere per la realizzazione di un parco eolico può infatti assimilarsi ad un cantiere itinerante (vista la significativa distanza tra le postazioni eoliche estreme) e, pertanto, le funzioni relative alla logistica di mezzi e/o attrezzature potranno individuarsi, oltre che nell’area logistica principale, anche negli spazi individuati presso le piazzole.

Per quanto riguarda il cantiere delle linee elettriche 30 kV, in considerazione del loro sviluppo lineare, le terre e rocce da scavo saranno provvisoriamente collocate ai bordi dello scavo in attesa del loro reimpiego per ripristini morfologici. Le recinzioni di cantiere non saranno fisse, ma verranno spostate secondo necessità con il procedere dei lavori

8.2 Caratteristiche delle lavorazioni

L'appalto delle opere civili del campo eolico comprenderà:

- le attività di realizzazione e finitura delle strade, delle piazzole e degli scavi dell'impianto eolico;
- le opere in cemento armato funzionali alla realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori;
- la realizzazione delle linee 36kV di collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina colletttrice e, da qui, per il collegamento all'impianto di rete di connessione a 36 kV;
- la realizzazione di interventi impiantistici collaterali, funzionali all'entrata in esercizio degli aerogeneratori.

8.2.1 Opere civili dell'impianto eolico

I lavori di tipo civile possono ricondursi alle seguenti attività principali:

- 1) allestimento del cantiere e area di trasbordo componenti;
- 2) locale adattamento della viabilità di accesso al parco eolico funzionale a renderla adeguata al transito dei mezzi di cantiere ed alle operazioni di trasporto della componentistica degli aerogeneratori presso il sito di intervento;
- 3) allestimento della viabilità interna del parco eolico al fine di assicurare l'accessibilità di ciascuna postazione eolica ai mezzi d'opera ed ai veicoli di trasporto della componentistica degli aerogeneratori nonché consentire le ordinarie attività di gestione della centrale;
- 4) approntamento degli interventi funzionali alla regimazione delle acque superficiali;
- 5) realizzazione degli scavi funzionali all'allestimento delle piazzole nonché alla realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori;
- 6) realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori e dei collegamenti all'impianto di terra;
- 7) approntamento delle piazzole funzionali al montaggio degli aerogeneratori;
- 8) scavo e posa dei cavidotti 36kV interrati di interconnessione aerogeneratori e collegamento con la cabina colletttrice e, da qui, con il punto di connessione indicato dal gestore di rete;
- 9) completamento delle principali opere civili delle piazzole degli aerogeneratori, realizzazione delle opere di ripristino morfologico e ambientale (opere a verde e di rinaturalizzazione e sistemazione finale delle piazzole e della viabilità) dell'area interessata dai lavori;
- 10) smobilizzo del cantiere.

8.2.2 Fornitura e montaggio dell'aerogeneratore

I lavori per la fornitura e montaggio degli aerogeneratori possono articolarsi nelle seguenti attività:

- 1) Trasporto e posizionamento a piè d'opera dei componenti.
- 2) Preassemblaggio a terra dei singoli tronchi della torre.
- 3) Montaggio dei tronchi della torre.
- 4) Posizionamento della navicella.
- 5) Posizionamento delle pale.
- 6) Allacciamento alla RTN e prove funzionali ed avviamento.

8.2.3 Opere per la realizzazione delle linee elettriche e connessione alla RTN

La realizzazione delle linee elettriche a 36kV si articolerà schematicamente nelle seguenti fasi di lavoro:

- 1) allestimento del cantiere e/o dell'area di deposito;
- 2) scavo e posa dei cavidotti interrati;
- 3) realizzazione delle giunzioni e delle prese di terra e successivo riempimento e costipazione del terreno negli scavi;
- 4) attività propedeutiche alla messa in servizio delle linee distribuzione di energia;
- 5) opere di ripristino morfologico e ambientale (ripristino al primitivo stato dei terreni) dell'area interessata dai lavori;
- 6) smobilizzo del cantiere;
- 7) collaudo e messa in servizio.

Per l'attraversamento dei corsi d'acqua si prevede la tecnica del *microtunneling* mediante la quale, con la perforazione sotterranea teleguidata, sarà possibile inserire per ogni linea una condotta in polietilene del DN 200 mm, transitante alla profondità di almeno 1 m sotto il fondo del rivestimento dell'alveo o del canale. In posizione sovrastante la protezione sarà posato un nastro monitore, che segnali opportunamente della presenza del cavo.

La stessa tecnica del *microtunneling* sarà prevista per gli attraversamenti su strade statali e provinciali, escludendo in tal modo ogni interferenza con il traffico veicolare, garantendo altresì l'integrità degli strati attraversati.

9 Cronoprogramma preliminare dei lavori

Per la realizzazione degli interventi previsti dal presente progetto può stimarsi una durata indicativa dei lavori di circa 18 mesi con uno sviluppo delle attività ipotizzato secondo quanto riportato nel cronoprogramma riportato nell'Elaborato WIND008-RC9 - *Cronoprogramma degli interventi*.