

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE

PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

(D.G.R. 24/23 DEL 23/04/08)

IMPIANTO EOLICO "SA MUZZERE"
COMUNI DI MACOMER E BORORE (NU)

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

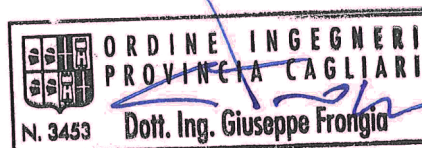
QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Data	Rev.	Descrizione	S2
Agosto 2011	0	Emissione	scala -

A cura di:
Dr. Ing. Giuseppe Frongia
(coordinatore e responsabile)

Gruppo di lavoro:

Dr. Ing. Giuseppe Frongia
Prof. Ing. Giorgio Massacci (CINIGEO)
Dott. Ing. Agnese Marcus
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott. Ing. Gianluca Melis
Dott. Ing. Andrea Onnis
Dott. Geol. Consuelo Nicolò
Dott. Nat. Graziella Senis
Dott. Ing. Emanuela Spiga
Dott. Nat. Francesco Trudu



Committente:
Fonteolica s.r.l.

Sede operativa: Via del Casalino, 5/H - 24121 Bergamo (BG) - Italy
Telefono: +39.035.211547 - Fax: +39.035.219813 - www.fonteolica.it - info@fonteolica.it



Studio di Ingegneria Ambientale Dr. Ing. Giuseppe Frongia - V. Tigellio 22, 09123 Cagliari, Tel. +39.070.658297 Fax +39.070.655271

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	1
2	PRESUPPOSTI DELL'OPERA	2
3	NORME TECNICHE CHE REGOLANO LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA....	3
4	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO.....	7
5	ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI	9
5.1	Premessa.....	9
5.2	Alternative di lay-out	9
5.3	Alternative di localizzazione delle stazioni di trasformazione e connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale.....	12
5.4	Alternative di configurazione geometrica e potenza degli aerogeneratori ...	18
5.5	Assenza dell'intervento o "opzione zero"	19
6	CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA E MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI	21
6.1	Aspetti generali.....	21
6.2	Dati anemologici	22
6.3	Criteri di definizione del Lay-out di impianto.....	26
6.4	Caratteristiche generali degli aerogeneratori	27
6.4.1	Aspetti generali	27
6.4.2	Torre di sostegno	28
6.4.3	Rotore	29
6.4.4	Il sistema di trasmissione	30
6.4.5	Sistemi di frenatura	30
6.4.6	Generatore.....	31
6.4.7	Navicella	31
6.4.8	Dispositivo di orientamento (o di imbardata).....	31
6.5	Opere elettromeccaniche	31
6.5.1	Generalità	31
6.5.2	Punto di consegna dell'energia elettrica e cabina di impianto.....	32
6.6	Opere civili	33
6.6.1	Viabilità di servizio.....	33
6.6.2	Piazzole e ripristini	34
6.6.3	Fondazioni	34
6.6.4	Criteri generali per l'esecuzione delle trincee di scavo per la posa dei cavi...	35
6.6.5	Movimenti di terra	35
6.7	Specifici accorgimenti a contenimento dell'impatto ambientale.....	38
6.8	Consumo di risorse e natura e quantità dei materiali impiegati	42

7	CRITERI DI GESTIONE DELL'IMPIANTO	46
8	RISCHIO DI INCIDENTI.....	47
8.1	Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore	47
8.1.1	Geometria del problema.....	47
8.1.2	Dati di base per il calcolo	48
8.1.3	Calcolo della gittata.....	49
8.1.4	Considerazioni aggiuntive e valutazione conclusiva.....	50
9	PROGRAMMA TEMPORALE	51
10	DISMISSIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI.....	52
11	CANTIERIZZAZIONE E MESSA A REGIME	55
11.1	Premessa.....	55
11.2	Identificazione delle fasi costruttive.....	57
11.2.1	Impianto eolico.....	57
11.2.1.1	Viabilità di servizio e piazzole	57
11.2.1.2	Fondazioni.....	57
11.2.1.3	Realizzazione dei cavidotti interrati.....	57
11.2.1.4	Installazione degli aerogeneratori	57
11.2.1.5	Opere di mitigazione	58
11.2.1.6	Prove funzionali ed avviamento	58
11.2.2	Viabilità di accesso.....	58
11.2.2.1	Cavidotto interrato MT di collegamento alla stazione di trasformazione	58
11.2.2.2	Stazione di trasformazione e punto di consegna	59
11.3	Impianto di cantiere	59
11.4	Caratteristiche dimensionali della componentistica degli aerogeneratori e delle principali attrezzature di cantiere	61
11.5	Trasporto degli aerogeneratori	62
11.6	Montaggio ed installazione aerogeneratori.....	63
11.7	Cronoprogramma dei lavori	64
11.8	Frequenze di traffico.....	65
	BIBLIOGRAFIA GENERALE SIA.....	67

ELENCO DIDASCALIE TABELLE

Tabella 1 – Principali caratteristiche dimensionali delle infrastrutture di servizio al parco eolico e stima della sottrazione di aree	44
Tabella 2 – Stima dei quantitativi di materiale naturale di cava necessari per la realizzazione della viabilità e delle piazzole (provvisorie e definitive) di servizio del parco eolico	45
Tabella 3 – Cronoprogramma indicativo dei lavori	65
Tabella 4 - Traffico indotto medio settimanale conseguente alle lavorazioni di cantiere per la realizzazione del parco eolico "Sa Muzzere" distinto per tipologia di automezzo	66

ELENCO DIDASCALIE FIGURE

Figura 1 – Aree potenzialmente non idonee o problematiche rispetto alla realizzazione di impianti eolici nella zona retroindustriale di Macomer-Tossilo. Con campitura grigia le aree caratterizzate da vincoli preclusivi o limitanti, in rosso le postazioni degli aerogeneratori prescelte.....	11
Figura 2 – Potenziali siti di localizzazione delle stazioni di trasformazione e connessione alla RTN dell'impianto eolico "Sa Muzzere"	14
Figura 3 – Area stazione elettrica in Comune di Norbello (Ipotesi 1)	15
Figura 4 – Area stazione elettrica in Comune di Borore (Ipotesi 2).....	17
Figura 5 - Mappa della velocità media annua del vento a 25 m s.l.t. (Fonte CESI – Univ. Genova, 2002)	23
Figura 6 - Mappa della velocità media annua del vento a 70 m s.l.t. (Fonte CESI – Univ. Genova, 2002)	24
Figura 7 – Mappa della producibilità specifica a 50 m s.l.t. (Fonte CESI – Univ. Genova, 2002).....	25
Figura 8 – Aerogeneratore REpower 3.2M123.....	28
Figura 9 – Vantaggi conseguenti all'elevazione dal suolo delle turbine (Fonte NORDEX)....	29
Figura 10 – Schema geometrico del fenomeno di distacco della pala di un aerogeneratore	47
Figura 11 – Traffico indotto medio settimanale conseguente alle lavorazioni di cantiere per la realizzazione del parco eolico "Sa Muzzere"	66

ELENCO ELABORATI STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Relazioni

S0 – Premessa

S1 – Quadro di riferimento programmatico

S2 – Quadro di riferimento progettuale

S3 – Quadro di riferimento ambientale

S4 – Prospetti riepilogativi degli impatti

S5 – Sintesi non tecnica

S3.1 – Relazione paesaggistica

S3.2 – Studio previsionale di impatto acustico

Elaborati grafici

Tavola 1 Inquadramento territoriale (scala 1:50.000)

Tavola 2 Carta dei vincoli territoriali ed ambientali (scala 1:10.000)

Tavola 3 Sovrapposizione degli interventi con i tematismi del P.P.R. (scala 1:25.000)

Tavola 4 Viabilità, piazzole e aree di cantiere su ortofotocarta (scala 1:5.000)

Tavola 5 Carta geomorfologica (scala 1:25.000)

Tavola 6 Carta geologica (scala 1:25.000)

Tavola 7 Stato di fatto – Documentazione fotografica

Tavola 8 Carta delle unità di paesaggio (scala 1:50.000)

Tavola 9 Carta dell'assetto insediativo e infrastrutturale (scala 1:25.000)

Tavola 10 Contesto paesistico – Documentazione fotografica

Tavola 11 Carta dei siti di interesse storico-culturale (1:10.000)

Tavola 12 Mappa di intervisibilità di area vasta – Postazioni eoliche (scala 1:50.000)

Tavola 13 Mappa di intervisibilità di area vasta – Aerogeneratori (scala 1:50.000)

Tavola 14 Fotosimulazioni di impatto estetico-percettivo

Tavola 15 Carta dell'uso del suolo – Fonte Corine Landcover anno 2008 (scala 1:25.000)

Tavola 16 Mappa delle ombre (scala 1:10.000)

1 INTRODUZIONE

La presente sezione dello Studio 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.

2 PRESUPPOSTI DELL'OPERA

Sotto la spinta di un'accresciuta consapevolezza dell'importanza delle tematiche ambientali, dello sviluppo economico, del progresso tecnologico e della liberalizzazione del mercato energetico, negli ultimi quindici anni si è assistito in Europa ad un rapido progresso nello sviluppo delle tecnologie di sfruttamento del vento, con la produzione di aerogeneratori sempre più efficienti e potenti.

La tumultuosa crescita fatta registrare dal settore negli ultimi decenni, unitamente alle economie di scala conseguenti allo sviluppo del mercato ed alle maggiori produzioni, hanno determinato una drastica riduzione dei costi di generazione dell'energia eolica al punto che, relativamente ad alcuni grandi impianti *onshore*, gli stessi risultano addirittura competitivi rispetto alle più economiche alternative costituite dalle centrali a gas a ciclo combinato.

A fronte delle crescenti preoccupazioni in ordine alle conseguenze delle politiche energetiche sui cambiamenti climatici, è matura ormai la consapevolezza che, per invertire in tempi ragionevolmente brevi e non procrastinabili la tendenza al "riscaldamento globale", occorre misurarsi con obiettivi impegnativi ed è necessario che gli attori di governo, dal livello nazionale a quello locale, facciano per intero la propria parte.

In Italia la possibilità di espandere le energie rinnovabili si è dimostrata particolarmente problematica, data la particolare configurazione del territorio nazionale, i vincoli paesaggistici e la lentezza degli iter procedurali.

L'intervento proposto, nell'inserirsi coerentemente rispetto ai massimali di potenza eolica installabile in Sardegna, così come rimodulati nell'ambito del Piano Energetico Ambientale Regionale, è ricompreso all'interno delle aree potenzialmente idonee alla realizzazione di impianti eolici, individuate in accordo con i disposti di cui all'art. 18 della L.R. 2/2007 e ss.mm.ii. e definite nel dettaglio all'interno dello specifico studio elaborato dalla regione Sardegna in attuazione degli indirizzi del Piano Paesaggistico Regionale (art. 112 N.T.A.).

3 NORME TECNICHE CHE REGOLANO LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Di seguito è riportato un elenco, certamente non esaustivo, dei principali riferimenti di legge e delle norme tecniche applicabili per la progettazione e la realizzazione dell'intervento in esame. In particolare, gli impianti elettrici saranno progettati e realizzati nel pieno rispetto delle norme CEI applicabili.

Impianti elettrici - Norme CEI/UNI

- CEI 11-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata".
- CEI 64-8/1, "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua".
- CEI 33-2, "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi".
- CEI 36-12, "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V".
- CEI 57-2, "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata".
- CEI 57-3, "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate".
- CEI EN 50110-1-2, "Esercizio degli impianti elettrici".
- CEI EN 60076-1, "Trasformatori di potenza", Parte 1: Generalità.
- CEI EN 60076-2, "Trasformatori di potenza Riscaldamento", Parte 2: Riscaldamento.
- CEI EN 60137, "Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V".
- CEI EN 60099-4, "Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata", Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata.
- CEI EN 60129, "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V".
- CEI EN 60529, "Gradi di protezione degli involucri".
- CEI EN 62271-100, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- CEI EN 62271-102, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 102 : Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione.
- CEI EN 60044-1, "Trasformatori di misura", Parte 1: Trasformatori di corrente.
- CEI EN 60044-2, "Trasformatori di misura", Parte 2: Trasformatori di tensione induttivi.
- CEI EN 60044-5, "Trasformatori di misura", Parte 5: Trasformatori di tensione capacitivi.

- CEI EN 60694, "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione".
- CEI EN 61000-6-2, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali.
- CEI EN 61000-6-4, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-4: Norme generiche – Emissione per gli ambienti industriali.
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione,
- 2002-06.
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto".
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo".

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. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

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.

4 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

La centrale eolica sarà costituita da ventitre aerogeneratori, ognuno in grado di funzionare autonomamente e di produrre energia elettrica da immettere in rete dopo le necessarie fasi di trasformazione della tensione.

Gli aerogeneratori, coerentemente con i più diffusi standard costruttivi, sono del tipo a tre pale in materiale composito, con disposizione *upwind*, regolazione del passo della pala e dell'angolo di imbardata della navicella.

La torre di sostegno della navicella sarà del tipo tubolare, adeguatamente dimensionata per resistere alle oscillazioni ed alle vibrazioni causate dalla pressione del vento, ed ancorata al terreno mediante fondazioni in c.a..

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 asincrono 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 $[T(v)]$:

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

L'energia prodotta (stimata in 147.200 MWh/anno, come esplicitato in dettaglio nel seguito) sarà vettoriata con cavidotto MT alla prevista stazione di trasformazione MT/AT (30/150kV) da realizzare "sotto linea" a poca distanza dall'impianto. La connessione dell'impianto è prevista in altissima tensione a 380 kV sulla esistente linea "Ittiri – Selargius", mediante stazione di connessione (150/380 kV). All'interno della sottostazione di trasformazione è previsto il posizionamento della cabina di arrivo degli elettrodotti d'impianto e di consegna

dell'energia elettrica.

5 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

5.1 Premessa

Come espresso più volte nell'ambito del presente SIA, la decisione di procedere alla realizzazione di un parco eolico in territorio di Macomer e Borore è scaturita da ragioni di carattere strategico ed economico, delineate dall'impulso allo sviluppo delle fonti energetiche alternative impartito dagli atti programmatori internazionali, nazionali e regionali, dagli specifici indirizzi di localizzazione degli impianti eolici definiti nell'ambito dello Studio regionale ex art. 112 del Piano Paesaggistico Regionale, nonché da valutazioni più propriamente di carattere tecnico-operativo e gestionale conseguenti alle favorevoli condizioni anemologiche ed infrastrutturali del settore di intervento.

In fase di studio preliminare e di progetto sono state comunque attentamente esaminate le possibili soluzioni alternative relativamente alla configurazione del lay-out di impianto e della viabilità di servizio.

Nel seguito saranno illustrati i criteri che hanno orientato le scelte progettuali e, per completezza di informazione, sarà ricostruito un ipotetico scenario atto a delineare sommariamente la prevedibile evoluzione del sistema ambientale in assenza dell'intervento.

5.2 Alternative di lay-out

Come evidenziato in sede di progetto, la società Fonteolica ha come obiettivo societario lo sviluppo, la realizzazione e la gestione di impianti eolici che, ai fini di una generazione distribuita e bilanciata sul territorio in termini ambientali e socio economici, ritiene debbano essere realizzati con un adeguato numero di aerogeneratori, in relazione alle disponibilità del territorio interessato dall'iniziativa.

Sulla base della lunga esperienza maturata nello specifico settore, dell'approfondita conoscenza del territorio italiano e delle sue potenzialità anemologiche, Fonteolica ha individuato, nel territorio regionale, alcuni siti idonei per la realizzazione di impianti eolici che intende progettare e realizzare ponendo la dovuta attenzione al paesaggio e all'ambiente.

In particolare il sito eolico di Macomer e Borore è stato studiato ed ottimizzato per la realizzazione di un impianto composto da n. 23 aerogeneratori di grande taglia (3,2 MW di potenza unitaria), per una potenza complessiva installata di 73,6 MW.

Il lay-out, nella configurazione proposta, è stato definito nell'ottica di recepire integralmente le prescrizioni tecnico-progettuali contenute nello Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici di cui alla D.G.R. 3/17 del 16.1.2009 che considera aree ammissibili all'installazione di impianti eolici quelle racchiuse entro una distanza di 4 km dalle cosiddette "grandi aree industriali", qual è quella di Macomer-Tossilo. Tali presupposti, come espresso in precedenza, assicurano la coerenza dell'intervento con l'attuale disciplina regionale in

materia di localizzazione di centrali per la produzione di energia elettrica dal vento.

Preso atto della sussistenza di numerosi diffusi vincoli urbanistico-ambientali e paesaggistici, preclusivi o limitanti ai fini dell'installazione di postazioni eoliche nell'area retroindustriale di Macomer-Tossilo (solo per citarne alcuni: sussistenza di aree classificate dal PPR come naturali, subnaturali o seminaturali, aree boscate, aree boscate percorse dal fuoco, distanze di rispetto dalle strade principali e dai centri abitati, distanze di rispetto da beni paesaggistici di interesse storico-culturale, fasce di rispetto da corpi idrici superficiali, distanze di rispetto da elettrodotti aerei ad alta ed altissima tensione), ne è scaturito un quadro di possibili alternative localizzative e di layout estremamente ristretto (si veda a tale proposito la Figura 1). Sotto questo aspetto, infatti, nell'area retroindustriale di Macomer-Tossilo, a fronte di una superficie complessiva potenzialmente idonea all'installazione di aerogeneratori, avente estensione di circa 63 km², le aree prive di vincoli tecnico-ambientali e paesaggistici preclusivi o limitanti rispetto al posizionamento delle macchine si riducono ad appena 13,5 km² (17% circa del totale), peraltro distribuite in modo estremamente discontinuo. Di fatto, pertanto, la localizzazione e la configurazione di impianto proposte, relativamente al settore di Macomer-Borore, sono apparse come plausibili sotto il profilo tecnico-economico nonché accettabili in termini di salvaguardia dei valori paesaggistico-ambientali espressi dal territorio.

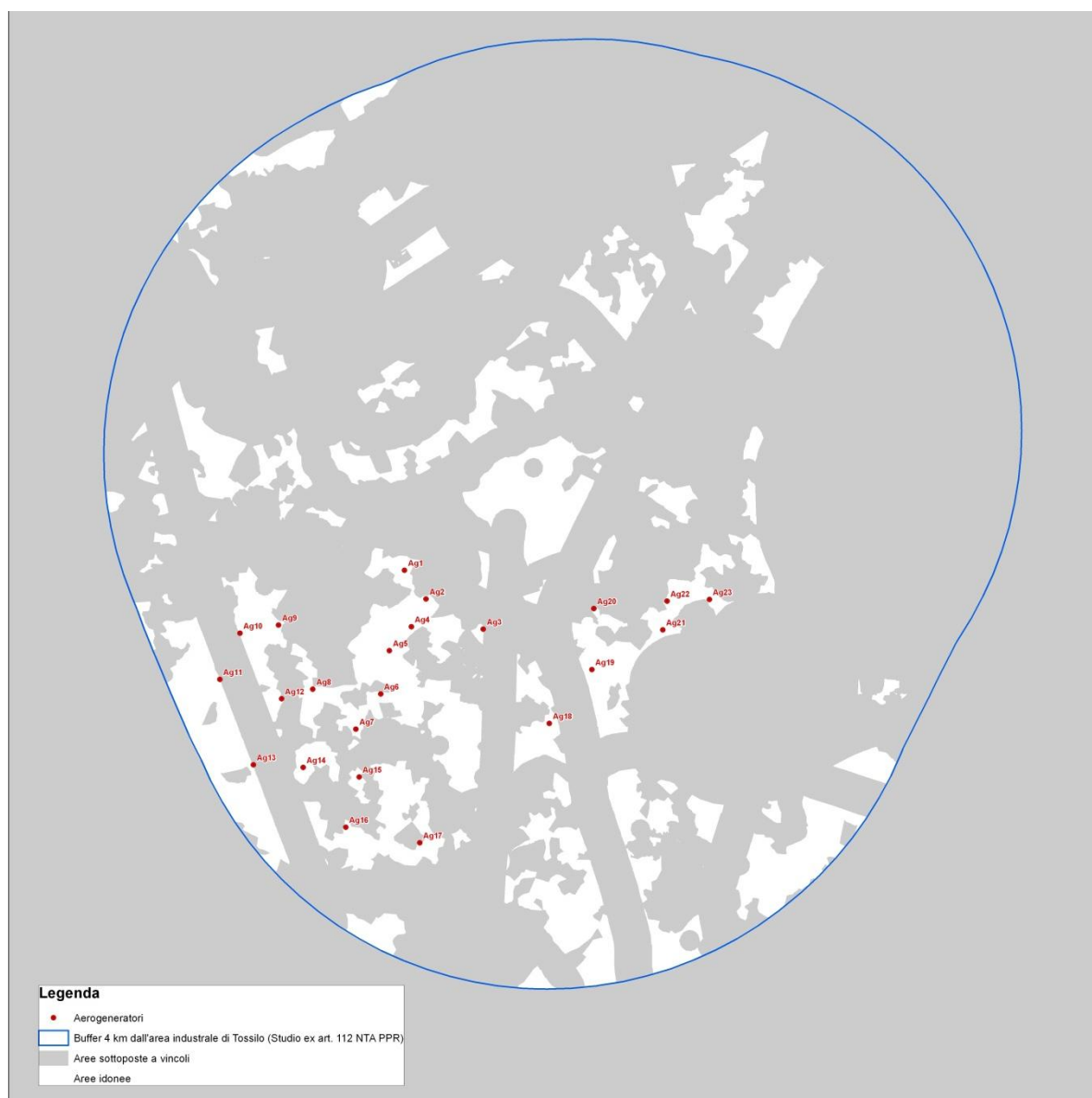


Figura 1 – Aree potenzialmente non idonee o problematiche rispetto alla realizzazione di impianti eolici nella zona retroindustriale di Macomer-Tossilo. Con campitura grigia le aree caratterizzate da vincoli preclusivi o limitanti, in rosso le postazioni degli aerogeneratori prescelte.

La scelta del comprensorio di Macomer-Borore per la realizzazione di una centrale eolica delinea, peraltro, indubbi vantaggi e opportunità, di seguito sinteticamente riassunti, che investono questioni di carattere gestionale nonché aspetti di rilevanza socio-economica e paesaggistico-ambientale. La concomitanza di tali favorevoli fattori, unitamente ai predetti caratteri di potenziale idoneità delle aree stabiliti dalla Regione Sardegna, rendono il sito di Tossilo certamente di interesse nel panorama regionale delle aree potenzialmente idonee alla realizzazione di impianti eolici.

In primo luogo, come dimostrato dalle osservazioni anemologiche disponibili per l'area centro-occidentale della Sardegna, la localizzazione prescelta assicura favorevoli condizioni di ventosità, delineando prospettive di producibilità energetica certamente di interesse ai fini dello sfruttamento della risorsa vento.

Le ottimali condizioni di accessibilità, derivanti dalla contiguità dell'area all'importante arteria viaria regionale, rappresentata dalla S.S. 131, unitamente alla relativa prossimità con gli scali portuali di Porto Torres o Oristano, aventi caratteristiche idonee a consentire lo sbarco della componentistica degli aerogeneratori, sono tali da prefigurare un'agevole pianificazione ed attuazione dei trasporti su terra rispetto ad altri possibili scenari di intervento, con conseguente attenuazione degli annessi disturbi alla viabilità associati al transito di mezzi speciali lungo rete viaria pubblica.

La prossimità delle proposte installazioni eoliche alla rete elettrica nazionale AAT a 380 kV, distante circa 1 km dal più vicino aerogeneratore in progetto, inoltre, prefigura ottimali condizioni di allaccio delle turbine eoliche alla rete elettrica di distribuzione e, conseguentemente, una opportuna riduzione delle lunghezze dei cavidotti di trasporto dell'energia elettrica.

La vocazione produttiva della Piana di Macomer-Tossilo, conseguente alla nascita della Zona Industriale di Interesse Regionale nella seconda metà del secolo scorso, delinea, inoltre, generali presupposti di coerenza dell'intervento proposto con il quadro ambientale e insediativo di sfondo. Una coerenza leggibile sia sotto il profilo urbanistico e paesaggistico, in relazione al prerequisito di potenziale idoneità dell'area per l'installazione di nuove centrali eoliche, riconosciute dalla vigente disciplina regionale di settore, sia funzionale, nella misura in cui l'operatività dell'impianto potrebbe auspicabilmente contribuire a rilanciare, anche per effetto dell'entrata in esercizio di ulteriori impianti energetici a fonte rinnovabile, le stesse potenzialità economiche dell'area industriale e del tessuto socio-economico locale, da tempo in stato di crisi.

5.3 Alternative di localizzazione delle stazioni di trasformazione e connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale

Nell'ambito della definizione delle scelte progettuali per la localizzazione della stazione di trasformazione e connessione in AAT dell'impianto eolico "Sa Muzzere", la Società Fonteolica s.r.l. ha verificato, con il supporto specialistico degli estensori del presente SIA e di un archeologo, i punti di forza e di debolezza di due siti che sono stati concordati con il gestore della rete (TERNA) nel corso di uno specifico tavolo tecnico tenutosi il 31.05.2011, sulla base della Soluzione Tecnica proposta dal gestore della Rete (STMG Cod. N. 100016479). Ciò al fine di ubicare la stazione di connessione e trasformazione nell'area più idonea sotto il profilo tecnico e ambientale. Di seguito le posizioni dei due siti vengono indicate come "Ipotesi 1" e "Ipotesi 2" in relazione alla localizzazione dell'area della stazione

elettrica. Si precisa, a tale proposito, come la stazione di connessione sia soggetta ad autorizzazione unica ex D.Lgs. 387/03, essendo una infrastruttura necessaria alla realizzazione dell'impianto eolico in progetto, e non è inclusa nel piano di sviluppo ai sensi del decreto del MAP 20.04.2005 e s.m.i. sottoposto a VAS e all'approvazione del Ministero dello Sviluppo Economico.

La stazione di connessione avrà dimensioni di massima 180 m di larghezza e 210 m di lunghezza con entra-esce laterali sul lato a 380 kV e una ulteriore uscita per eventuali futuri collegamenti.

La stazione di utenza (trasformazione MT/AT) avrà dimensioni indicative 40 m di larghezza e 60 m di lunghezza ed è prevista sul lato di uscita delle linee a 150 kV, ad una istanza di circa 15 ÷ 20 m per consentire il passaggio di cavi interrati nell'eventualità di future connessioni.

La scelta dei siti idonei per l'ubicazione della stazione elettrica è condotta tenendo in considerazione i seguenti principali aspetti:

- prossimità alla linea elettrica di connessione;
- rispetto dei vincoli tecnico-ambientali di varia natura;
- idonee condizioni geologiche e idrogeologiche, con particolare riferimento alla verifica dell'onda di piena;
- facilità di accesso dalle principali strade esistenti;
- esigenza di contenere le pendenze per ridurre gli scavi e i riporti, nonché le relative opere di sostegno.

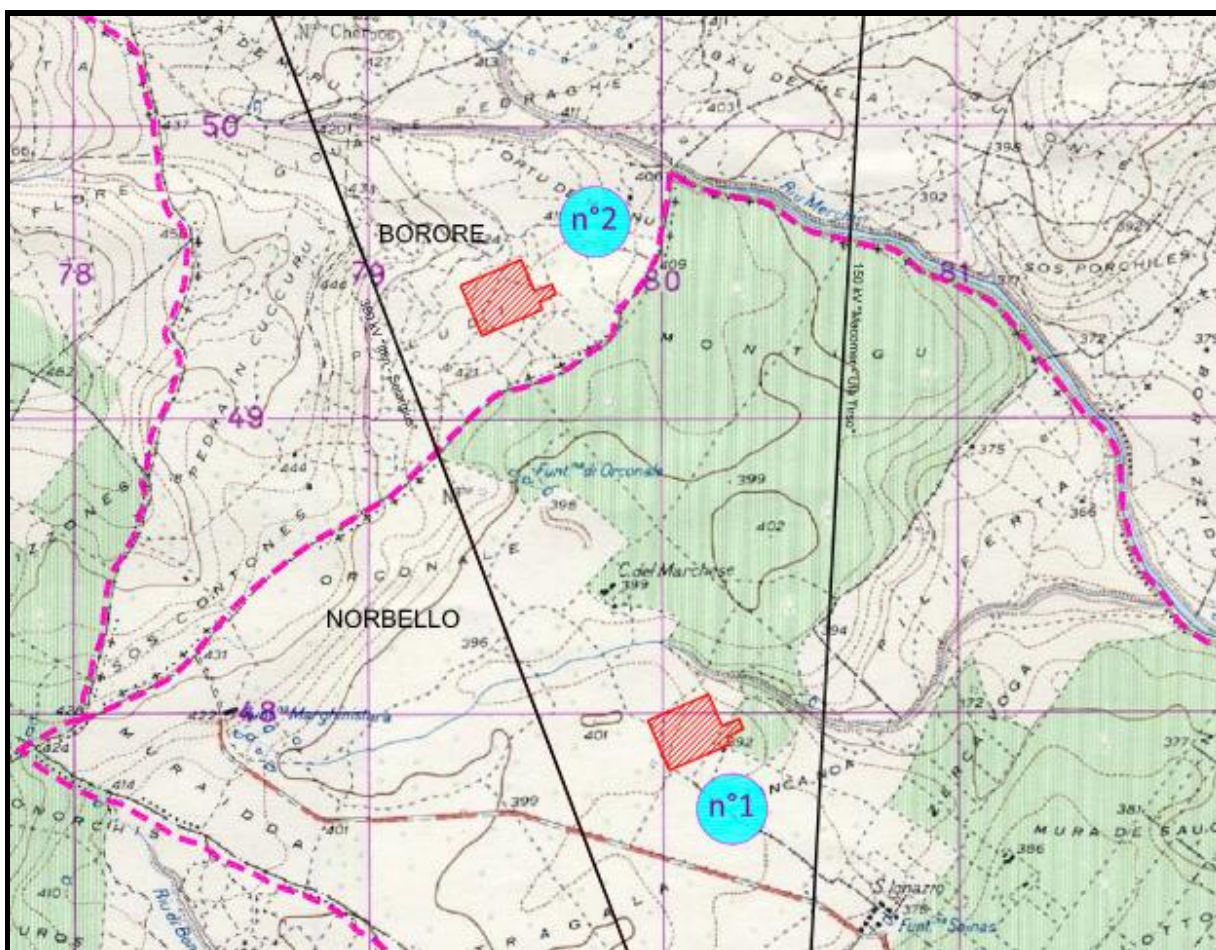


Figura 2 – Potenziali siti di localizzazione delle stazioni di trasformazione e connessione alla RTN dell'impianto eolico "Sa Muzzere"

Ipotesi 1

La prima area presa in esame (Ipotesi 1 in Figura 2), con riferimento alle carte geografiche dell'Istituto Geografico Militare (IGM) in scala 1:50.000, è ubicata nel: Foglio n. 515 Ghilarza; ed ha coordinate baricentriche: Chilometriche (Gauss Boaga): 4.447.777 N ; 1.480.058 E.

I terreni interessati dalla costruzione della stazione di trasformazione ricadono sul foglio di mappa n. 2 del N.C.T. del Comune di Norbello (OR).

L'area (Figura 3) è caratterizzata dalla presenza di una vasta piantumazione artificiale, realizzata prevalentemente con essenze di *Quercus Pubescens* (roverella), attorno alla quale i terreni sono interessati da coltivazioni a carattere stagionale o sono lasciati allo stato naturale incolto per il pascolo del bestiame.



Figura 3 – Area stazione elettrica in Comune di Norbello (Ipotesi 1)

L'analisi delle interazioni tra l'area considerata e le potenziali situazioni di vincolo paesaggistico-ambientale ha consentito di evidenziare i seguenti principali punti di debolezza:

- l'area risulta sottoposta a vincolo paesaggistico di cui al D.Lgs. 42/04 costituito dalla fascia di rispetto di 150 metri dalle sponde di un corso d'acqua (*Riu Margheri Stara*);
- l'area risulta in parte ricompresa all'interno di un'area cartografata dal P.P.R. come seminaturale;
- relativamente all'Assetto Storico Culturale, la ricognizione archeologica in sito ha evidenziato che l'area in oggetto risulta essere in prossimità di un manufatto di valenza storico-culturale, non cartografato nel PPR, ma per il quale sussiste comunque un obbligo di tutela ai sensi della L. 1089/39, oggi nel D.Lgs 42/04.

Ulteriori potenziali criticità possono riferirsi, tra gli altri, ai seguenti aspetti:

- l'area si trova a meno di 700 metri dall'edificio di Sant'Ignazio che risulta essere, grazie all'antica chiesa medioevale da poco ristrutturata, un importante novenario campestre dove è usanza secolare praticare festeggiamenti civili e religiosi in vari periodi dell'anno;
- la progettazione della strada di accesso alla stazione risulta complicata, perché si è in

presenza di una vasta area (circa 12 ha) percorsa dal fuoco nell'anno 2006 (area vincolata ai sensi dell'art 10 del Legge 21 novembre 2000 N°353);

- le uscite delle linee a 150 kV si troverebbero tutte nelle aree vincolate sopra descritte;
- il percorso dell'elettrodotto MT si allungherebbe di circa 3 km rispetto allo scenario di cui all'Ipotesi 2.

Ipotesi 2

La seconda localizzazione esaminata (Ipotesi 2 in Figura 2), con riferimento alle carte geografiche dell'Istituto Geografico Militare (IGM) in scala 1:50.000, è ubicata nel: Foglio n. 498 Macomer; ed ha coordinate baricentriche: Chilometriche (Gauss Boaga): 4.449.249 N ; 1.479.417 E.

I terreni interessati dalla costruzione della stazione di trasformazione ricadono sul foglio di mappa n. 36 del N.C.T. del Comune di Borore (NU).

L'area è costituita in gran parte da un prato dominato da alte *Poaceae*, prevalentemente *Avena barbata*. Mentre nella porzione sud-occidentale dell'area individuata sono presenti solo pochi alberi di modeste dimensioni, in quella nord-orientale gli individui arborei sono più numerosi e di dimensioni maggiori. Si tratta per lo più di sughere, ma sono presenti anche querce caducifoglie. Quest'ultimo aspetto può essere inquadrato nella tipologia vegetazionale del pascolo arborato.

.



Figura 4 – Area stazione elettrica in Comune di Borore (Ipotesi 2)

L'analisi delle interazioni tra l'area considerata e le potenziali situazioni di vincolo paesaggistico-ambientale ha consentito di escludere la sovrapposizione del sito con aree tutelate per legge.

Potenziali criticità possono, peraltro, riferirsi ai seguenti aspetti principali:

- la porzione settentrionale del sito si caratterizza per un aspetto vegetazionale di interesse, rappresentato dai pascoli arborati a sughera, elemento caratteristico degli altipiani basaltici e di altri territori della Sardegna centrale, considerato di importanza comunitaria ai sensi della Direttiva europea 92/43 CEE;
- risulta necessaria la realizzazione di una nuova strada con uno sviluppo lineare di circa 400 metri.

Preso atto delle potenziali problematicità paesaggistico-ambientali manifestate da ciascuno dei due siti e valutati, per contro, i punti di forza e di debolezza degli stessi sotto il profilo della soluzione tecnica, la società Fonteolica ha ritenuto opportuno procedere allo sviluppo della soluzione progettuale identificata come Ipotesi 2. A tale proposito corre l'obbligo di rilevare come, a fronte della locale sottrazione dell'habitat dei pascoli arborati, l'intervento

avrà sullo stato di conservazione dello stesso un'incidenza trascurabile, ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 92/43 CEE. Infatti queste tipologie ambientali risultano, come precisato nell'Elaborato S3, ampiamente diffuse in vaste aree del territorio sardo e ampie aree ricadenti nell'ambito dei SIC a nord a sud dell'area considerata garantiscono la tutela di una grande estensione di tali formazioni. Al fine di minimizzare gli impatti negativi dell'intervento, si provvederà a individuare, tra le querce che sarà necessario tagliare, un consistente numero di esemplari da espiantare per essere trapiantati in aree limitrofe, secondo quanto esposto nel capitolo dello SIA riguardante le misure di mitigazione sulla componente vegetazionale (Elaborato S3).

5.4 Alternative di configurazione geometrica e potenza degli aerogeneratori

L'impetuoso sviluppo dell'energia eolica nel mondo ha preso avvio negli anni '80, ma ha assunto un *trend* esponenziale solo negli anni '90 del secolo scorso. A metà degli anni '80 i diametri delle turbine non superavano i 15 metri e le potenze i 50 kW; all'inizio degli anni '90 si è passati a 50 metri e 500 kW, a metà degli anni '90 a 60 metri e 1 MW, nel 2003 a 120 metri e 4,5 MW mentre, ormai, sono realizzati progetti con turbine da 5-6 MW. La crescita della taglia e della potenza delle macchine è attribuibile a due fattori principali: la domanda orientata verso un sempre più incisivo contributo energetico da fonte rinnovabile (domanda sostenuta in ogni paese da politiche e contributi finanziari) e la crescente competizione industriale basata sulla riduzione dei costi di generazione (che si ottiene accrescendo la taglia della macchina); ma è soprattutto questo fattore che ha agito nella direzione delle grandi taglie.

Oggi si costruiscono macchine di dimensioni e complessità tecnica impensabili solo vent'anni fa e si può ritenere che lo sviluppo ed il miglioramento seguiranno in modo sensibile almeno per una decina d'anni.

Con tali presupposti, la scelta delle turbine da impiegare nel parco eolico di Macomer e Borore, anche in accordo con quanto auspicato dalle norme di buona progettazione suggerite dallo Studio ex art. 112 del P.P.R., è stata orientata verso aerogeneratori di grande taglia della potenza indicativa di 3,2 MW. La dimensione scelta per l'aerogeneratore è stata calibrata in funzione del contesto locale di inserimento delle macchine. In generale, maggiori altezze della torre di sostegno configurano la possibilità di massimizzare lo sfruttamento del vento, la cui velocità aumenta con l'altezza dal suolo (Figura 9). Inoltre a maggiori altezze il vento risulta più costante, assicurando un miglior rendimento energetico della macchina eolica. Questo vale, in particolare, per gli impianti realizzati nell'entroterra, dove gli ostacoli posti sul terreno creano turbolenze. Per le turbine in commercio con potenza equivalente a quelle scelte per il parco eolico in progetto, le altezze al mozzo sono generalmente variabili nell'intervallo 80÷140 m circa. Attraverso l'impiego di un aerogeneratore con altezza torre di

circa 123 m, dunque, si è inteso proporre una macchina di grandi dimensioni rispetto ai modelli oggi in commercio.

5.5 Assenza dell'intervento o "opzione zero"

Le vigenti disposizioni regionali, sancite dalla L.R. 2/2007 e ss.mm.ii., di recente ribadite dalla D.G.R. 27/16 del 1/6/2011, sono chiaramente orientate a favorire lo sviluppo dei nuovi progetti di impianti eolici entro siti già antropizzati, individuati, tra gli altri, nelle aree a destinazione produttiva e nei territori ad esse contermini entro una fascia di 4 km.

L'area di Macomer-Borore, gravitante sul comparto produttivo di Tossilo e rispondente a tali prerequisiti, è inserita in un'area vasta che, sebbene presenti indubbi aspetti di interesse sotto il profilo ambientale e paesaggistico, si caratterizza, comunque, l'accentramento di importanti processi insediativi ed infrastrutturali che, a partire dal XIX secolo, hanno alterato significativamente i caratteri ambientali del territorio. La costruzione e l'esercizio della nuova Strada Statale 131, lo sviluppo dei percorsi ferroviari, la stessa nascita della Z.I.R. di Tossilo, lo sviluppo di importanti reti di trasmissione dell'energia elettrica, unitamente allo storico sfruttamento del territorio a fini di pascolo, solo per citarne alcuni, hanno certamente innescato, accanto ad importanti modificazioni dei valori estetico-percettivi espressi dall'ambito di riferimento, un sistema sinergico di pressioni ambientali (tra gli altri: disboscamenti, incendi, riduzioni/interruzioni di habitat, emissioni di rumore, emissioni atmosferiche) alla base di un decadimento della qualità ecosistemica e paesaggistica originaria.

Sulla base di tali assunzioni si può ragionevolmente ritenere che la realizzazione dell'intervento non sia suscettibile di determinare un profondo decadimento della qualità ambientale del contesto in esame. Tali conclusioni, più diffusamente argomentate e discusse all'interno degli specifici documenti allegati al presente SIA, sono supportate dalle seguenti considerazioni.

L'impianto eolico, in virtù delle scelte operate in sede di progetto, con riferimento ai criteri di posizionamento delle macchine sul terreno (rispetto di opportune interdistanze tra le turbine), interiorizza misure di mitigazione paesaggistico – ambientale che sono certamente efficaci nel attenuare l'ineluttabile impatto estetico-percettivo che inevitabilmente scaturisce da tali realizzazioni. Più specificamente il progetto ha cercato di osservare, per quanto tecnicamente possibile, i criteri di "buona progettazione" riportati nello Studio di cui all'art. 112 del Piano Paesaggistico Regionale.

La modesta occupazione permanente di suolo richiesta per l'installazione e l'esercizio dell'impianto, unitamente ai caratteri ecologici del contesto di intervento, caratterizzati da una profonda influenza antropica, sono tali da non determinare il rischio di ingenerare processi di sensibile deterioramento della qualità ecosistemica complessiva.

Le misure di mitigazione del parco eolico, scaturite dalle ricognizioni condotte nell'ambito del presente SIA, consistenti nell'attuazione di un mirato piano di monitoraggio dei potenziali effetti del progetto sull'avifauna e sui chiropteri, si ritengono infine adeguati per esercitare un controllo dei potenziali effetti del progetto sulle risorse faunistiche dell'area in esame.

In ultimo deve necessariamente ribadirsi come gli interventi in progetto presentino, in ogni caso, il carattere di reversibilità.

Per quanto sopra, è ragionevolmente ipotizzabile che in assenza dell'intervento proposto, a fronte della conservazione dell'attuale quadro ambientale di sfondo, si rinuncerà all'opportunità di favorire lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili entro un ambito espressamente vocato alla loro realizzazione, con conseguente perdita dei benefici socio-economici e ambientali sottesi dall'intervento (ricadute economiche dirette sul territorio, sottrazione di gas serra ed inquinanti atmosferici da fonti energetiche convenzionali e costi esterni evitati, così come specificato diffusamente nel presente SIA).

6 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA E MOTIVAZIONI DELLE SCELTE PROGETTUALI

6.1 Aspetti generali

Il progetto di parco eolico in territorio di Macomer e Borore prevede l'installazione di n. 23 turbine eoliche dell'ultima generazione, aventi potenza nominale di 3,2 MW ciascuna, con cabina di trasformazione BT/MT integrata alla torre di sostegno. Gli ambiti interessati dalle postazioni eoliche ricadono interamente entro i confini amministrativi dei comuni di Macomer e Borore (NU), rispetto ai quali si posiziona circa quattro chilometri in direzione Nord - Est e circa due chilometri in direzione Sud - Est.

Per assicurare la più alta resa energetica del parco eolico, il *lay-out* di impianto ha previsto opportune distanze tra gli aerogeneratori, suggerite dalle case costruttrici, al fine di minimizzare i fenomeni di interferenza aerodinamica. Tali accorgimenti si rivelano efficaci anche nello scongiurare il cosiddetto "effetto barriera" che può scaturire da una non ottimale disposizione delle macchine sul terreno.

Le opere, previste e funzionali all'installazione ed esercizio degli aerogeneratori, possono riferirsi essenzialmente a:

Opere civili:

- adeguamento dell'esistente rete viaria di accesso alle postazioni eoliche e realizzazione, laddove necessario, di nuova viabilità allo scopo di assicurare il transito, in condizioni di sicurezza, degli automezzi speciali preposti al trasporto della componentistica degli aerogeneratori, dei mezzi d'opera e dei veicoli ordinari;
- approntamento delle piazzole di cantiere, funzionali ad assicurare lo spazio operativo necessario per un ottimale assemblaggio delle macchine eoliche;
- realizzazione degli scavi di fondazione per il posizionamento dei manufatti di sostegno degli aerogeneratori;
- fornitura, e posa in opera, del calcestruzzo e dell'acciaio necessari all'approntamento dei manufatti di fondazione;
- ripristino degli scavi e completamento delle opere di fondazione;
- realizzazione della stazione di connessione del Gestore della Rete (TERNA) e della sottostazione di trasformazione MT/AT per la connessione dell'impianto eolico alla rete elettrica di trasmissione nazionale (RTN).
- realizzazione degli scavi a sezione obbligata funzionali all'alloggiamento dei cavidotti per il trasporto dell'energia elettrica prodotta alla stazione di trasformazione MT/AT e di connessione alla rete elettrica nazionale;

- ripristino delle trincee da realizzarsi, in parte, con materiali di risulta dello scavo;
- al termine dell'assemblaggio dell'aerogeneratore, esecuzione delle opere di ripristino ambientale funzionali all'approntamento della piazzola di servizio definitiva;

Opere impiantistiche:

- installazione degli aerogeneratori;
- esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti tra gli aerogeneratori e il punto di consegna con le rispettive apparecchiature elettromeccaniche.

Precisato che l'aerogeneratore potrà essere acquistato solo dopo l'ottenimento delle autorizzazioni e, pertanto, non è possibile disporre del modello e della marca al momento della predisposizione del presente SIA, ai fini della descrizione dell'impianto, si considereranno, nel prosieguo, le caratteristiche tipiche degli aerogeneratori della taglia prescelta, con particolare riferimento alle dimensioni che vengono considerate come inviluppo dei modelli attualmente sul mercato.

6.2 Dati anemologici

Sulla base dei dati scaturiti dallo studio sviluppato dal CESI in collaborazione con l'Università di Genova nell'ambito della Ricerca di sistema di cui al decreto del Ministero dell'Industria del 26.01.2000, modificato il 17.04.2001, orientato a tracciare un quadro del potenziale delle risorse eoliche nazionali sfruttabili (progetto ENERIN), è emerso come le aree interessate dal presente progetto siano caratterizzate da un potenziale eolico tra i più interessanti a livello regionale.

L'obiettivo perseguito dall'Atlante è stato quello di rappresentare le caratteristiche medie annue del regime di vento complessivo sulla base dei parametri di interesse per lo sfruttamento energetico, che sono poi in grande sintesi la velocità media annua e la producibilità di energia nei diversi punti del territorio.

La simulazione suddetta è stata sviluppata nel corso del 2000 e 2001 dall'Università degli Studi di Genova - Dipartimento di Fisica, che ha utilizzato il proprio modello WINDS (*Windfield Interpolation by Non Divergent Schemes*), derivato dal modello capostipite NOABL con l'inserimento di appropriati algoritmi e modifiche finalizzate a migliorarne le prestazioni.

Il territorio italiano è stato suddiviso in 24 "aree geografiche", parzialmente sovrapposte tra loro, di dimensioni dell'ordine di 200x200 km². Le simulazioni, conseguentemente, sono state eseguite separatamente per ciascuna area, con composizione finale dei risultati.

I dati implementati a tale scopo sono quelli della rete anemometrica ENEL-CESI, della rete

ENEA, quelli dei Servizi Meteorologici dell'Aeronautica Militare e quelli reperiti presso reti regionali ed altre reti (ad es. da piattaforme off-shore). I dati di cui sopra sono in parte pubblici, in parte acquisibili tramite apposite convenzioni, in parte patrimonio di operatori attivi nella produzione di energia dal vento, come quelli della rete ENEL fino a tutto il 1999.

Essendo poi state individuate aree del territorio nazionale che, in base alla distribuzione delle stazioni suddette, risultavano particolarmente carenti di dati appropriati, a scopo integrativo è stato installato un gruppo di nuove stazioni, presso le quali da metà dell'anno 2000 è stato raccolto almeno un anno di dati, o più.

La Figura 5 illustra la mappa di velocità media del vento alla quota di 25 m dal suolo scaturita dalle elaborazioni relativamente all'area di interesse del presente progetto.

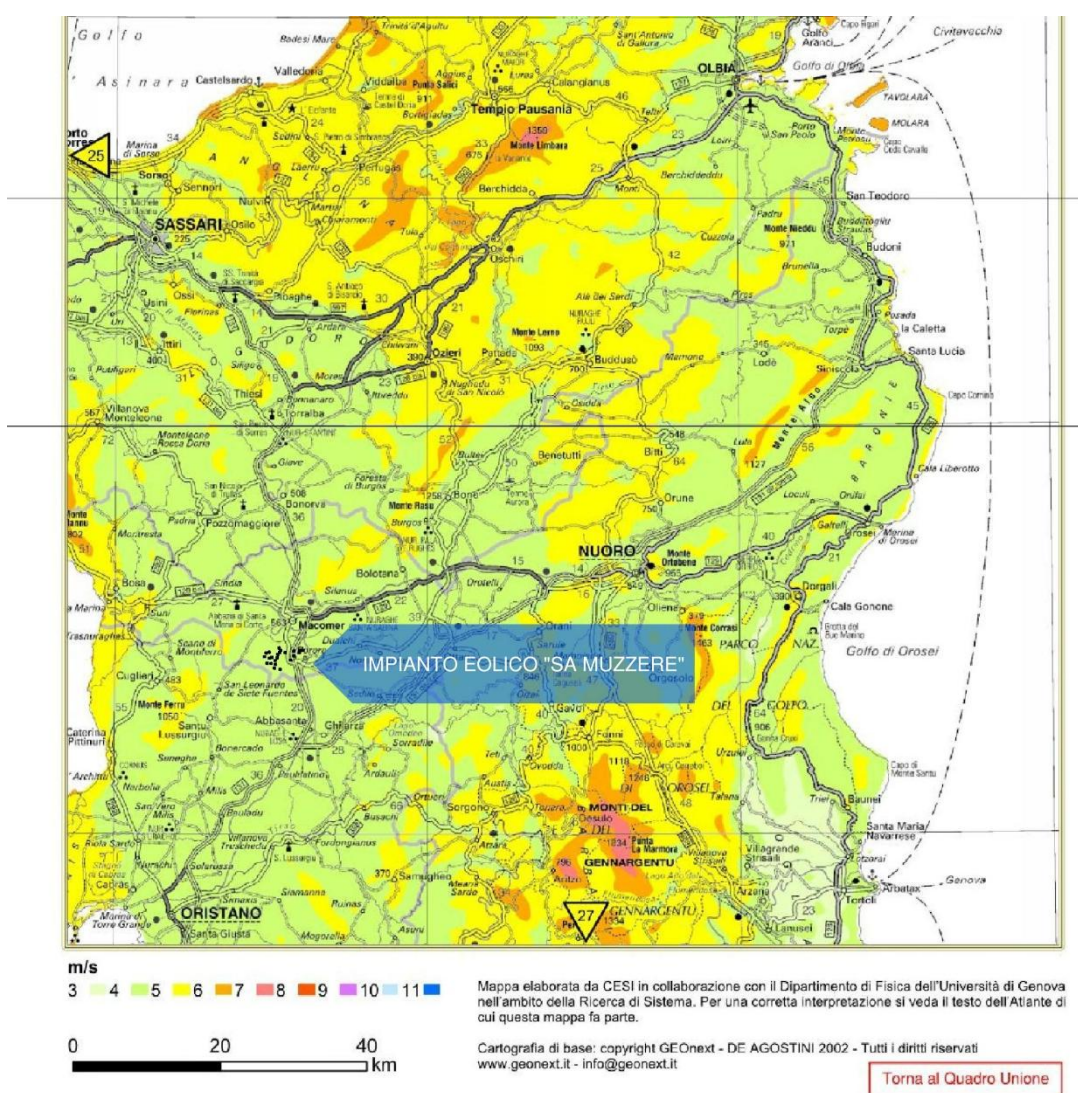


Figura 5 - Mappa della velocità media annua del vento a 25 m s.l.t.
(Fonte CESI – Univ. Genova, 2002)

Tale mappa è quella che più si avvicina alle quote interessate dai sensori nei punti stazione, e quindi quella più aderente alle misure stesse.

Allontanandosi da questa quota, elevandosi cioè alle quote di maggior interesse per gli aerogeneratori di media e grande taglia, 50 e 70 metri dal suolo, diviene sempre più importante il ruolo del profilo in altezza simulato dalle elaborazioni modellistiche (Figura 6).

Come si evince dall'esame della Figura 5, per il sito considerato è stata stimata una velocità media del vento a 25 m dal suolo pari a circa 4 m/s.

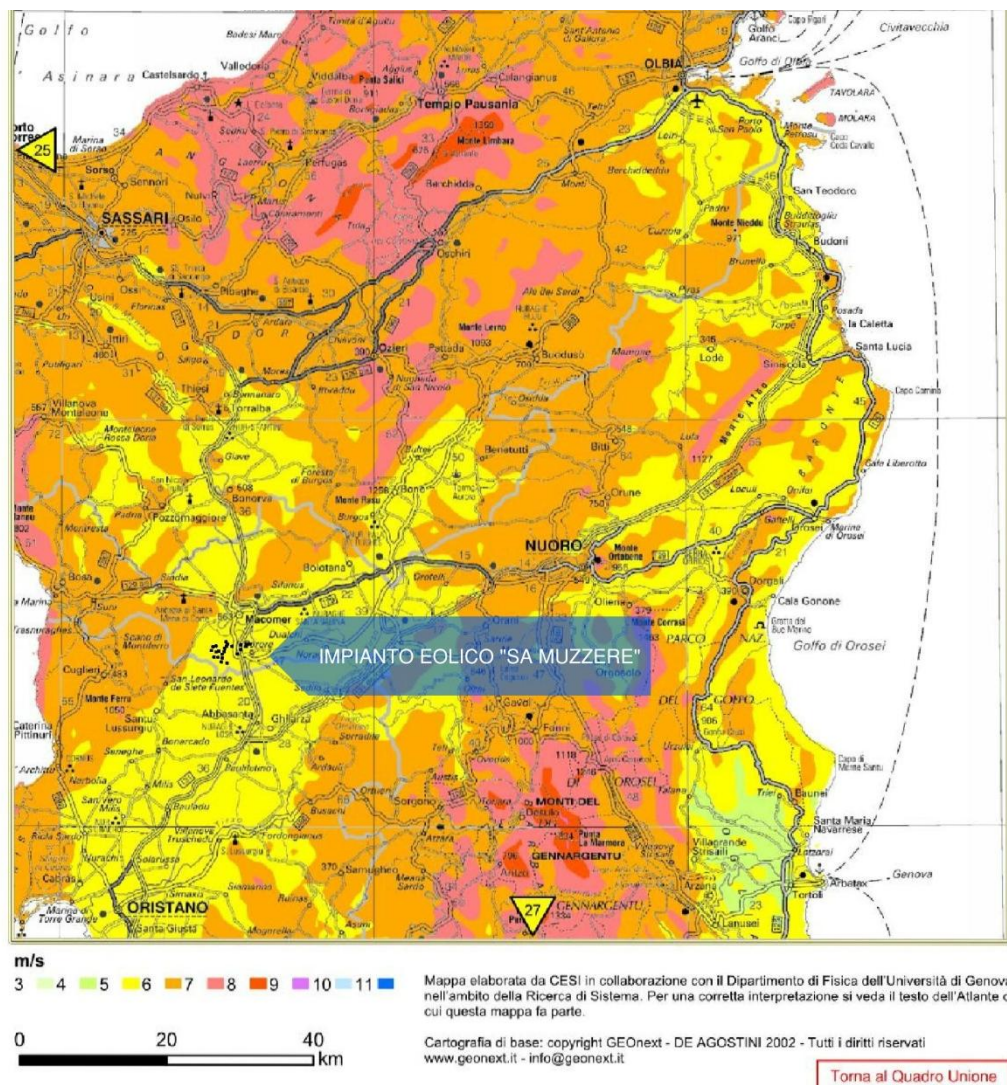


Figura 6 - Mappa della velocità media annua del vento a 70 m s.l.t.
(Fonte CESI – Univ. Genova, 2002)

L'esame della Figura 6 illustra come le aree interessate dal proposto parco eolico, in relazione alle condizioni orografiche locali, presentino, sulla base delle elaborazioni modellistiche, una velocità media annua di circa 5 m/s a 70 m s.l.t..

Nell'ambito del citato studio del CESI e dell'Università di Genova, sono state inoltre condotte specifiche elaborazioni nell'ottica di tradurre i dati di velocità media del vento in valori di producibilità. Per dare generalità all'esposizione si è fatto riferimento in particolare ad un concetto di producibilità specifica, qui intesa come producibilità media annua di un aerogeneratore rapportata alla sua potenza nominale. Se la producibilità annua è espressa in MWh e la potenza nominale in MW, allora la producibilità specifica risulta espressa in ore, e viene spesso interpretata come numero di ore annue di funzionamento alla piena potenza nominale.

Una serie di elaborazioni condotte in questa direzione ha portato a proporre una mappatura di massima della producibilità specifica di aerogeneratori, valutata con riferimento alla media di un campione rappresentativo di macchine eoliche. I risultati di tali elaborazioni per l'area di interesse sono riportati in Figura 7.

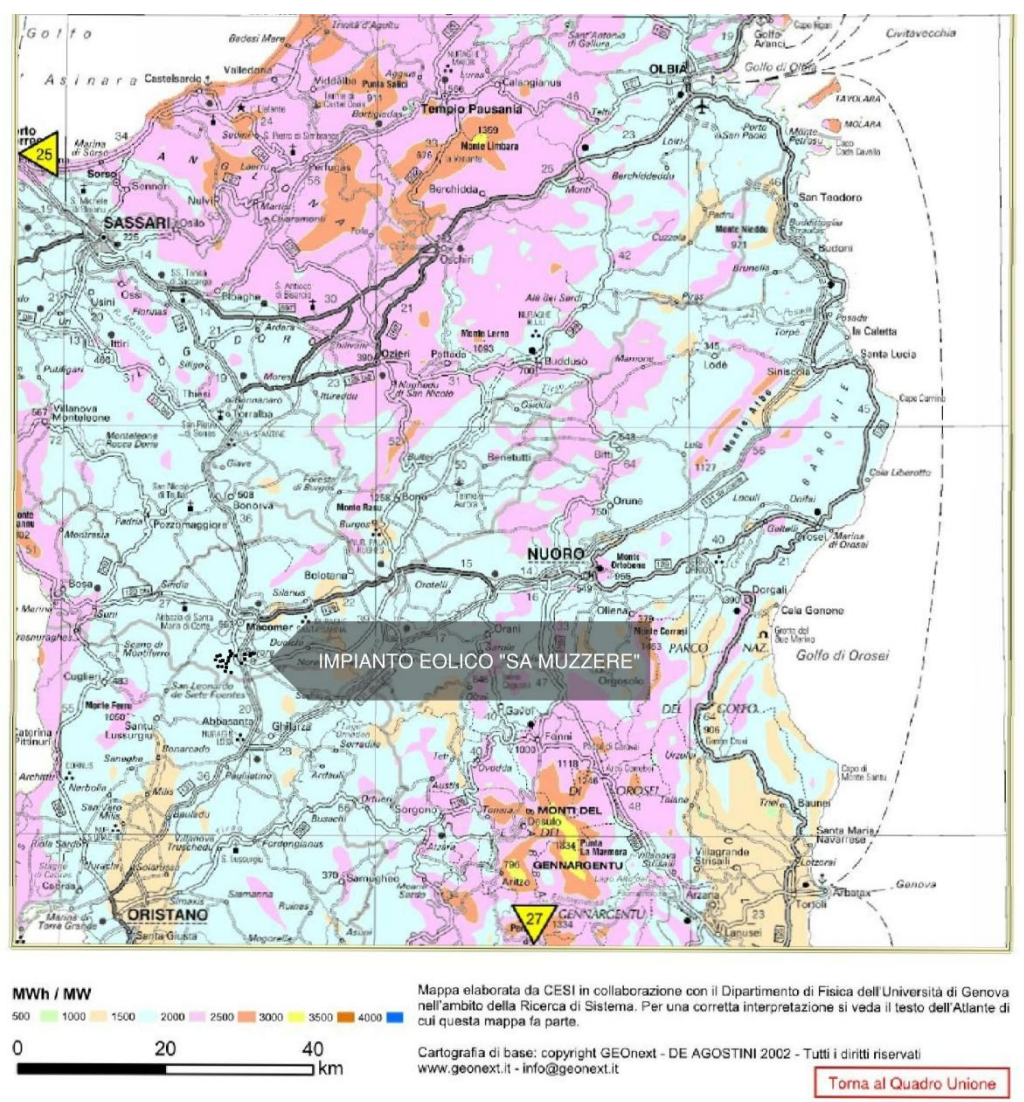


Figura 7 – Mappa della producibilità specifica a 50 m s.l.t. (Fonte CESI – Univ. Genova, 2002)

I dati delle elaborazioni indicano, per le aree di interesse, valori di producibilità medi dell'ordine delle 1500 ore eq./anno. Il numero di ore equivalenti di funzionamento a potenza nominale, peraltro, è ipotizzato con riferimento a modelli di aerogeneratori di vecchia generazione e taglia dimensionale sensibilmente inferiore a quelli disponibili attualmente. Stime condotte sulla base dei dati di ventosità acquisiti dal proponente, delle caratteristiche specifiche degli aerogeneratori nonché del previsto lay-out di impianto, hanno condotto, peraltro, a valutare in circa 2000 ore eq./anno la producibilità media effettiva per parco eolico in esame.

Conseguentemente, sulla base di una potenza nominale complessiva del parco eolico di 73,6 MW, si è stimata una producibilità dell'impianto valutata in circa 147.200 MWh/anno.

6.3 Criteri di definizione del Lay-out di impianto

La configurazione della centrale eolica è stata sviluppata definendo la disposizione delle macchine sul terreno (*lay-out* impianto) con opportuno riguardo ai seguenti aspetti:

- assenza di vincoli urbanistici e paesaggistico-ambientali preclusivi o limitanti rispetto all'installazione di impianti eolici;
- assenza di resti di interesse storico-artistico, non censiti ed eventualmente rinvenuti nell'ambito di campagne di rilevamento diretto opportunamente condotte nei siti di intervento;
- potenziale eolico (distribuzione locale del vento) favorevole alla produzione industriale di energia elettrica;
- accessibilità del sito in termini di presenza o meno di strade, piste, sentieri;
- adozione di opportune distanze di rispetto da elettrodotti aerei al fine di escludere i rischi connessi a fenomeni di ribaltamento;
- adozione di opportune distanze da edifici sparsi nell'agro;
- adeguata ponderazione delle scelte dei percorsi viari in considerazione di fattori limitanti rispetto alla prospettiva di allargamento funzionale delle strade esistenti, riconducibili, nel settore in esame, alla diffusa presenza di recinzioni in pietra murata a secco;
- minimizzazione degli interventi sul suolo;
- lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire, per quanto possibile, l'orografia propria del terreno, onde contenere gli interventi sul suolo, quali sterri, rilevati, opere di contenimento, muri di sostegno, ecc.

6.4 Caratteristiche generali degli aerogeneratori

6.4.1 Aspetti generali

Si illustrano nel prosieguo alcune caratteristiche generali delle macchine eoliche che si prevede di installare nel sito di intervento. A tal fine si è utilizzato come modello di riferimento il tipo REpower 3.2M114 (Figura 8). Corre l'obbligo di ribadire a questo proposito che la scelta definitiva del modello di turbina sarà condotta solo successivamente all'emanazione dell'atto autorizzativo.

I componenti principali di un aerogeneratore sono i seguenti:

- il rotore;
- il generatore elettrico;
- il sistema di orientamento che consente la rotazione orizzontale del sistema motore;
- la gondola o navicella (carenatura che racchiude il sistema motore e gli ausiliari);
- la torre di sostegno;
- il trasformatore che modifica la tensione generata in quella di rete.

Le caratteristiche principali della tipologia di macchina eolica prescelta sono di seguito riportate:

- rotore tri-pala a passo variabile, di diametro 114 m, posto sopravvento al sostegno, in poliestrere di alta qualità rinforzato con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- controllo della potenza attraverso la regolazione automatica dell'angolo di calettamento delle pale (*pitch control*) o mediante controllo d'imbardata, disallineando l'aerogeneratore rispetto alla direzione del vento;
- potenza nominale di 3.200 kW;
- tensione generatore di 690 V;
- tensione cabina di macchina di 690V/30kV;
- velocità di stacco (cut-in wind speed) del vento di circa 3,0 m/s;
- velocità di stallo del vento (cut-out wind speed) 22,0 m/s;
- vita media prevista di 20 anni.



Figura 8 – Aerogeneratore REpower 3.2M123

6.4.2 Torre di sostegno

Il generatore sarà posizionato all'estremità superiore di una torre tubolare in acciaio dell'altezza di 123 metri. La torre deve adempiere a due funzioni fondamentali: sostenere la turbina ad un'altezza conveniente per raccogliere la massima energia eolica con la minima turbolenza del flusso (Figura 9) ed assorbire e trasmettere al suolo le sollecitazioni.

I vantaggi della soluzione prescelta conseguono:

- all'elevata resistenza dell'acciaio in relazione all'esigenza di assicurare un'elevata resistenza alle sollecitazioni con il minimo peso;
- alla modularità degli elementi tubolari della torre che consentono migliori condizioni di trasporto e montaggio.

All'interno della torre sono alloggiati: il trasformatore BT/MT, una scala di sicurezza, ed eventualmente un ascensore e delle piattaforme di lavoro.

La protezione della torre tubolare contro la corrosione è assicurata da un rivestimento superficiale con resine epossidiche.

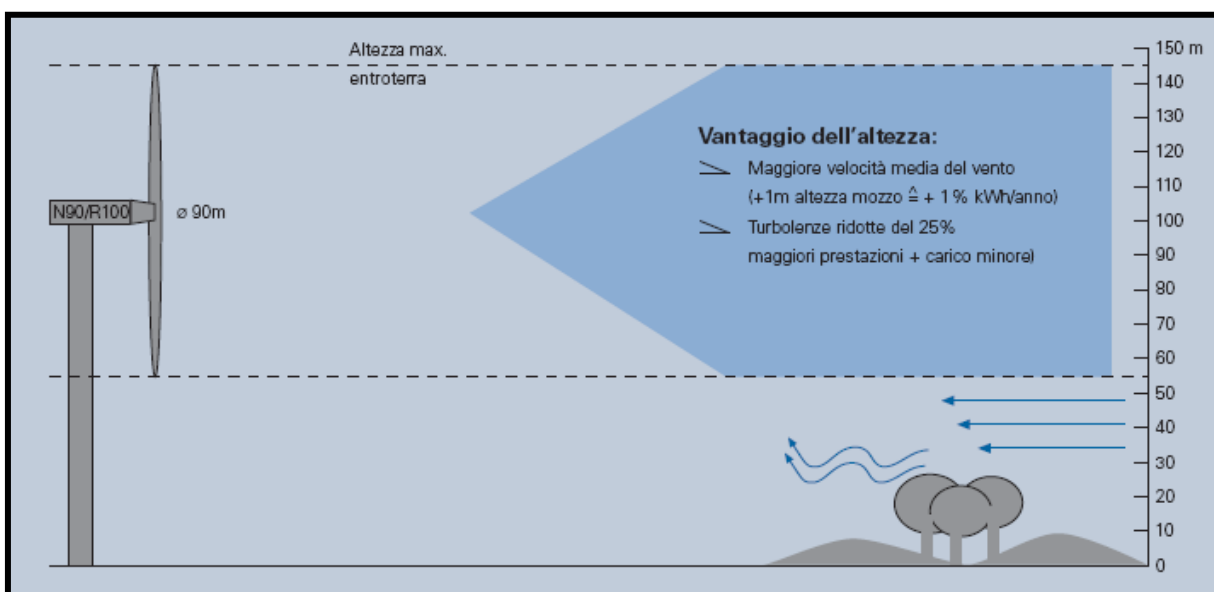


Figura 9 – Vantaggi conseguenti all'elevazione dal suolo delle turbine (Fonte NORDEX)

6.4.3 Rotore

Il rotore è composto da tre pale, il mozzo ed il sistema di controllo dell'angolo di calettamento delle pale finalizzato alla regolazione della potenza erogata. I dispositivi di controllo consentono la regolazione indipendente delle pale.

Il prospetto seguente riassume le caratteristiche principali del rotore:

Diametro del rotore	114 ± 2 m
Area spazzata dal rotore (disco battuto)	Circa 10.200 m ² ;
Velocità periferica massima	Circa 75 m/s;
Velocità di rotazione	Circa 12 rpm;
Peso complessivo	circa 65 tonnellate (circa 23 t il rotore, 14 t ciascuna pala)

Le pale, della lunghezza orientativa di 55,8 m, saranno in plastica rinforzata con fibre di vetro.

6.4.4 Il sistema di trasmissione

La trasmissione comprende l'albero motore con i cuscinetti ed il moltiplicatore di giri. Quest'ultimo, in particolare, è un organo di notevoli dimensioni, imposte dagli elevati rapporti di trasmissione necessari per la generazione elettrica e dal fatto che, a causa delle basse velocità dell'albero motore, la coppia da trasmettere è molto elevata. Il peso del sistema di trasmissione è pari a circa 52 t.

Il moltiplicatore di giri dispone di un sistema di raffreddamento con circuito olio/aria a più stadi. I cuscinetti e gli ingranaggi sono lubrificati in continuo con olio raffreddato e le temperature dei cuscinetti e dell'olio sono costantemente monitorate.

6.4.5 Sistemi di frenatura

Quando la velocità del vento supera il valore previsto per l'arresto (*cut-out wind speed*) un attuatore fa intervenire un freno che blocca l'asse della turbina.

L'aerogeneratore dispone di due sistemi di frenatura: aerodinamico e meccanico.

Il sistema aerodinamico di frenatura consente, attraverso la regolazione indipendente delle pale, la loro rotazione completa di 90° e la messa in bandiera della pala.

In caso di arresto di emergenza, il processo di frenatura è supportato anche da un freno a disco idraulico.

Il sistema di frenatura può funzionare anche in situazioni di momentanea interruzione della fornitura di energia elettrica dall'esterno grazie ad un sistema di alimentazione di emergenza in dotazione alla turbina.

La potenza di frenata è regolata tramite un sistema di controllo automatizzato al fine di evitare sovraccarichi al sistema. Una volta che il rotore si è completamente fermato il freno può essere definitivamente fissato.

6.4.6 Generatore

Il generatore è una macchina asincrona a doppia alimentazione. Durante il suo funzionamento il generatore è mantenuto alla temperatura ottimale di funzionamento attraverso un sistema di raffreddamento.

Di seguito se ne riassumono le caratteristiche generali:

classe di protezione involucro	IP54
potenza nominale	3.200 kW
Voltaggio nominale	690 V
Frequenza	50 Hz
Velocità di rotazione	650÷1200 rpm
n. poli	6

6.4.7 Navicella

La navicella è composta da un telaio di base in ghisa e da una cabina in materia sintetica rinforzata con fibre di vetro (GRP). Il tetto della navicella si apre mediante azionamento idraulico. La forma della navicella unitamente al dispositivo di raffreddamento posizionato nella sua porzione superiore consentono il passaggio costante di un flusso naturale d'aria che assicura un'ottimizzazione dell'efficacia del sistema di raffreddamento stesso.

6.4.8 Dispositivo di orientamento (o di imbardata)

La navicella deve essere ruotata per seguire la direzione del vento; conseguentemente è montata su un grande cuscinetto reggispira ed il movimento di rotazione è comandato da apposito motore elettrico.

La direzione del vento viene costantemente misurata all'altezza del mozzo da due banderuole ridondanti. In caso di superamento dello scostamento ammesso della direzione del vento, la navicella viene allineata attivamente per mezzo di due motoriduttori. Al termine della rotazione della navicella interviene un sistema di frenatura di imbardata che blocca la gondola nella sua posizione.

6.5 Opere elettromeccaniche

6.5.1 Generalità

La centrale eolica è composta da più aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati fra loro in relazione al layout dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifase in BT. La tensione viene elevata localmente in corrispondenza di ciascun aerogeneratore alla tensione di 30 kV tramite un trasformatore elevatore. Ogni generatore è topograficamente,

strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione.

Gli aerogeneratori saranno collegati fra loro e, a loro volta, saranno connessi al punto di consegna. Nella stazione ricevitrice, avviene un'ulteriore elevazione di tensione e la consegna dell'energia elettrica prodotta; nella stessa stazione è ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) della centrale che consente di valutare in modo complessivo il funzionamento e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

L'impianto può essere scomposto nelle seguenti parti essenziali:

- Aerogeneratori;
- Cabina di macchina (all'interno del fusto di ciascun aerogeneratore);
- Elettrodotto d'impianto;
- Punto di consegna dell'energia elettrica e cabina d'impianto;
- Impianto di terra e di protezione contro i fulmini;
- Sistema MCM di controllo e monitoraggio dell'impianto.

Le apparecchiature di trasformazione e protezione BT/MT sono contenute all'interno di ogni singola torre: questa scelta tecnologica consente di limitare l'impatto in termini di occupazione di area sia di confinare le apparecchiature elettriche sotto tensione.

6.5.2 Punto di consegna dell'energia elettrica e cabina di impianto

L'assetto elettromeccanico dell'impianto della stazione MT/AT è riportato nello specifico elaborato grafico del progetto definitivo.

La stazione prevede un'area scoperta contenente le apparecchiature elettriche necessarie per l'elevazione della tensione per il collegamento alla rete AT (interruttori, sezionatori, apparecchiature di misura e protezione). Al di sotto del trasformatore è prevista una vasca di contenimento in grado di ricevere l'intero volume di olio contenuto nella cassa olio qualora si dovesse verificare, per motivi accidentali, una fuoriuscita dello stesso e di garantirne il contenimento anche in presenza di parziale o totale allagamento della vasca da parte di acqua meteorica.

Nella cabina d'impianto e di centrale all'interno della stazione MT/AT, sono alloggiate tutte le apparecchiature di interfaccia con la rete elettrica, per la sicurezza dell'impianto, nonché i dispositivi elettrici di misura e controllo dell'impianto.

6.6 Opere civili

6.6.1 Viabilità di servizio

Come noto, la realizzazione di un parco eolico presuppone l'accesso al sito di mezzi pesanti per il trasporto della componentistica degli aerogeneratori nonché l'installazione di un'imponente gru capace di brandeggiare carichi di oltre 100 tonnellate a 125 m dal suolo, in corrispondenza di ciascuna postazione, nonché di una gru ausiliaria.

Nel caso del parco eolico in esame, le favorevoli condizioni di accessibilità del sito rappresentano certamente un elemento qualificante della localizzazione prescelta. In particolare, lo sbarco dei mezzi speciali di trasporto della componentistica potrebbe verosimilmente avvenire direttamente presso il porto industriale di Porto Torres. Il sito di progetto è facilmente raggiungibile percorrendo la SS 131 fino all'area industriale di Tossilo ubicata a sud-est dell'edificato urbano di Macomer. La suddetta strada è adeguata al transito dei mezzi che trasportano le parti costituenti gli aerogeneratori (fusto, navicella, pale) e non necessita di interventi di adeguamento.

Per quanto riguarda la viabilità interna dell'impianto eolico, nella definizione del layout (disposizione aerogeneratori) è stata in gran parte sfruttata la viabilità esistente sul sito (carrarecce sterrate e piste), onde contenere gli interventi di urbanizzazione primaria, ed alcuni tratti di viabilità segnati sulle mappe catastali che verranno ripristinati in fase di realizzazione dell'opera visto che ad oggi risultano parzialmente dismessi. La viabilità interna all'impianto risulta pertanto costituita dall'adeguamento/rifacimento delle carrarecce/piste esistenti e dalla realizzazione dei nuovi tratti per raggiungere le postazioni di macchina. I tratti di nuova viabilità hanno una lunghezza di circa 12.5 km, mentre la viabilità già presente, da adeguare, ha una lunghezza di circa 11.5 km. I nuovi tracciati avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire, per quanto possibile, la morfologia propria del terreno evitando eccessive opere di scavo o riporto.

La sezione stradale, con larghezza di 3,50 m più due banchine laterali di 0,50 m, sarà realizzata in massiciata tipo "Mac Adam", per un più armonico inserimento ambientale delle strade contesto paesaggistico dei luoghi. La massiciata sarà composta da un cassonetto stradale costituito da uno strato di fondazione in stabilizzato di 10÷30 cm a diretto contatto con il terreno, mentre superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in ghiaietto stabilizzato di 10 cm.

La viabilità di impianto sarà mantenuta in efficienza con una costante manutenzione che si protrarrà nel corso della vita dell'impianto, considerato che la viabilità deve consentire l'accesso alla centrale eolica per la gestione dell'impianto e per la manutenzione.

Particolare cura verrà posta nella verifica e nella pulitura dei drenaggi delle acque superficiali.

Aree di manovra sono previste in corrispondenza delle piazzole degli aerogeneratori, da utilizzarsi anche come aree di stoccaggio dei componenti degli aerogeneratori prima del montaggio.

6.6.2 Piazzole e ripristini

Ad ultimazione dei lavori, in corrispondenza di ciascun aerogeneratore è prevista la realizzazione di una superficie pressoché piana dove troveranno collocazione la torre di sostegno dell'aerogeneratore, le relative fondazioni, i dispersori di terra e le necessarie vie cavo interrate.

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori si dovrà predisporre lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione di una superficie di circa 2.400 m², comprendente l'area della piazzola definitiva, adiacente la sede stradale. A montaggio ultimato, sarà ricavata un'area di circa 400 m² che non verrà ripristinata con terreno vegetale.

Al fine di massimizzare le aree provvisorie da utilizzare per il montaggio a terra del rotore e l'area di posizionamento della gru principale, il progetto considera parte integrante della piazzola anche la strada di servizio nel tratto adiacente alla piazzola stessa, limitando in tal modo la quantità di movimenti terra previsti e la nuova occupazione di superfici.

L'area eccedente sarà invece ripristinata come *ante operam*, prevedendo il riporto di terreno vegetale in accordo con i criteri di ripristino ambientale definiti a valle dello studio geobotanico del territorio (cfr. par. 6.7).

6.6.3 Fondazioni

Sulla base di quanto emerso dallo studio geologico a corredo del progetto definitivo, le fondazioni in calcestruzzo armato degli aerogeneratori, delle dimensioni orientative di 20 m × 20 m, saranno, indicativamente, del tipo diretto e su sottofondo in calcestruzzo magro posto a profondità indicativa di 3,0÷3,5 m; le stesse saranno formate da un basamento inferiore, di dimensioni tali da garantire stabilità alla torre, e da un colletto superiore atto ad ancorare il fusto dell'aerogeneratore.

L'interfaccia tra la fondazione e il fusto di sostegno dipenderà dalla ditta fornitrice e dalla tipologia dell'aerogeneratore. In fase esecutiva sarà scelta la tipologia e la ditta fornitrice dell'aerogeneratore e di conseguenza verranno definite le dimensioni effettive della fondazione e la tipologia del sistema di ancoraggio tra torre e fondazione.

Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà in funzione dei risultati ottenuti dalle indagini geologiche/geotecniche di dettaglio eseguite in sito, nonché delle eventuali ulteriori prescrizioni richieste dalla ditta fornitrice degli aerogeneratori.

6.6.4 Criteri generali per l'esecuzione delle trincee di scavo per la posa dei cavi

I cavi di interconnessione tra gli aerogeneratori sono dei seguenti tipi:

- Cavi per la trasmissione dell'energia prodotta (cavi di potenza in MT);
- Cavi per la trasmissione di segnali e comandi (in fibra ottica);
- Corda di rame (impianto di terra e protezione contro le scariche atmosferiche).

I cavi saranno contenuti in apposite vie cavo che saranno sia interne all'impianto (collegamento fra gli aerogeneratori) sia di collegamento tra l'impianto ed il punto di consegna.

Le vie cavo (di comando/segnalazione e di trasporto dell'energia elettrica prodotta) saranno posate secondo le norme valide per le reti di distribuzione urbana e seguiranno preferenzialmente percorsi interrati disposti lungo o ai margini della viabilità. I cavi, del tipo tradizionale o "Air Bag", saranno posati ad una profondità non inferiore a 1,10 m, avendo cura di separare i cavi di potenza da quelli di segnalazione e con presenza segnalata da nastro monitor all'interno; il ricoprimento della trincea avverrà con il materiale proveniente dagli scavi. In ogni caso nei percorsi lontani dalla sede stradale la presenza della via cavo interrata sarà adeguatamente segnalata in superficie, mediante cippi in cls o ghisa, nei tratti rettilinei ed in corrispondenza di ogni deviazione di tracciato.

Le vie cavo hanno una lunghezza complessiva di circa 23 km, comprensive di cavidotti di collegamento tra gli aerogeneratori e collegamento con la stazione di consegna, le cui caratteristiche costruttive sono analoghe a quelle delle vie cavo interne all'impianto.

6.6.5 Movimenti di terra

Le operazioni di scavo interessano profondità limitate nella realizzazione della viabilità e raggiungono una profondità massima di circa 3,00÷3,50 m in corrispondenza delle fondazioni degli aerogeneratori.

Per approntare un piano di gestione delle terre e rocce da scavo è stata effettuata una attività ricognitiva iniziale che ha portato ai seguenti risultati:

- secondo gli strumenti urbanistici vigenti presso i Comuni di Macomer e Borore la destinazione del sito risulta essere: terreno agricolo (Zona E);
- nel corso dei sopralluoghi effettuati si è accertato che il sito destinato alla realizzazione dell'impianto eolico e della stazione di connessione Terna e la sottostazione MT/AT è privo di insediamenti antropici, a conferma della destinazione d'uso agricola;

- dalle testimonianze raccolte il sito non risulta che sia stato interessato da attività produttive nel passato, ma solo da attività agricole e da pascolo;
- nei sopralluoghi non sono state rilevate evidenze macroscopiche di contaminazione dei terreni superficiali né la presenza di possibili sorgenti di contaminazione all'interno del sito;
- nelle aree limitrofe non sono presenti insediamenti produttivi.

Le operazioni di scavo verranno condotte da mezzi meccanici convenzionali senza impiego di materiali e tecnologie potenzialmente contaminanti; si prevede quindi il riutilizzo in sito per le operazioni di ripristino ambientale e rinterro di buona parte del materiale scavato. La possibilità di procedere al riutilizzo in loco dei suoli sarà comunque subordinata all'esito favorevole delle verifiche previste dagli articoli 185 e 186 del D.Lgs. 152/06 (Terre e rocce da scavo).

Sulla base dello scenario di progetto, certamente affinabile in fase di progettazione esecutiva a seguito dell'esecuzione di un rilievo topografico delle aree interessate dai tracciati stradali, si stima che le operazioni di adeguamento della viabilità esistente, realizzazione dei nuovi percorsi di servizio e l'approntamento delle piazzole determineranno la necessità di procedere ai movimenti di terra di seguito illustrati.

Adeguamento piste esistenti

In sede di progetto si è stimato che tale adeguamento richieda le seguenti voci unitarie di lavori:

- circa 9.900 m³ di scavi per allargamento e scotico superficiale;
- circa 7.400 m³ di materiale arido in approvvigionamento per formazione di fondazione stradale.

Pur in assenza di specifiche stratigrafie del terreno, si può ipotizzare una consistente percentuale di riutilizzo in sito del materiale proveniente dalle operazioni di sbancamento e scavo delle fondazioni per il reperimento del materiale necessario alla formazione della fondazione stradale. Tale percentuale è ipotizzata nel 20% (circa 6440 m³). Il materiale proveniente da cava di prestito necessario per la fondazione stradale sarà pertanto pari a 1000 m³.

Una parte del materiale proveniente dalle operazioni di scotico della viabilità (circa il 50 %, pari a 4950 m³) verrà riutilizzato per le opere di rimodellazione del terreno e per il rinterro

delle fondazioni, mentre il rimanente materiale pari a circa 4950 m³, dovrà essere conferito a pubbliche discariche.

Realizzazione di nuove piste

In sede di progetto si è stimato che la realizzazione di nuove piste richieda le seguenti voci unitarie di lavori:

- circa 22.000 m³ di scavo di sbancamento;
- circa 16.500 m³ di materiale arido di cava per formazione di fondazione stradale.

Pur in assenza di specifiche stratigrafie del terreno, si può ipotizzare una consistente percentuale di riutilizzo in sito del materiale proveniente dalle operazioni di sbancamento e scavo delle fondazioni per il reperimento del materiale necessario alla formazione della fondazione stradale. Tale percentuale è ipotizzata del 50% (16.100 m³ di materiale arido reperito dagli scavi delle fondazioni). Circa 11.000 m³ di materiale proveniente dalle operazioni di scotico della viabilità verrà riutilizzato per il ripristino del cassonetto e opere di modellazione del terreno.

Ne deriva che il materiale netto necessario da approvvigionare per la costruzione della fondazione stradale risulta pari a 400 m³. Una parte del materiale proveniente dallo scotico verrà utilizzato per il rinterro e la modellazione degli scavi delle fondazioni, mentre il rimanente materiale pari a circa 11.000 m³, dovrà essere conferito a pubbliche discariche.

Piazzole aerogeneratori

Le stime condotte in sede di progetto prevedono, per le ventitre piazzole provvisorie in progetto, un volume di scavo pari a 11.500 m³, per una incidenza media di 500 m³/piazzola, ed un volume di rilevati pari a circa 6.500 m³.

La quantità stimata di materiale arido per la successiva ricarica nella zona a cassonetto e la rimodellazione finale risulta di circa 3.000 m³, recuperabile nella quasi totalità dalle operazioni di sbancamento e di scavo della fondazione (circa il 30% di 9.600 m³ come esplicitato nel seguito).

A titolo cautelativo si stima in 500 m³ circa la quantità di materiale da cava necessario per le opportune correzioni granulometriche.

Fondazioni aerogeneratori

Il progetto prevede che il materiale di risulta dello scavo di fondazione (stimabile in 1.400 m³ per fondazione e in circa 32.200 m³ complessivamente) possa essere interamente riutilizzato in sito per le opere di rinterro e rimodellazione degli scavi, in quanto è molto probabile la presenza di materiale roccioso che, dopo frantumazione in sito, potrà essere riutilizzato. Si prevede pertanto il totale riutilizzo del materiale scavato.

Cavidotti di impianto

In sede di progetto si è stimato che la realizzazione dei cavidotti di impianto richieda di procedere allo scavo di circa 13.800 m³ di materiale, interamente riutilizzabile per le operazioni di ripristino.

L'impiego dei cavi tipo "Air Bag" esclude la necessità di approvvigionamenti di sabbia per la formazione del letto di posa dei cavi.

In accordo con le stime di progetto, le quantità di materiale complessivamente scavato durante la realizzazione del parco eolico sono riassunte nel seguente prospetto.

Nuove piste da realizzare	m ³	22.000
Piazzole	m ³	11.500
Cavidotti	m ³	13.800
Fondazioni	m ³	32.200
Adeguamento piste esistenti	m ³	9.900
Totale materiale scavato	m³	89.400
Riutilizzo materiale per viabilità e piazzole	m³	32.200
Riutilizzo materiale per rinterro fondazioni e ripristini ambientali	m³	19.550
Riutilizzo materiale per rinterro cavidotti	m³	13.800
Materiale destinato a discarica/recupero	m³	23.850

6.7 Specifici accorgimenti a contenimento dell'impatto ambientale

Al fine di limitare le interferenze tra i lavori e l'ambiente, durante la realizzazione dell'impianto, il progetto prevede l'adozione dei seguenti accorgimenti:

- l'area di cantiere necessaria per la logistica del personale e dei mezzi d'opera sarà attrezzata e realizzata senza ricorrere ad opere permanenti; a fine lavori il luogo sarà ripristinato nelle condizioni *ante operam*;
- le operazioni di movimento terra saranno limitate al minimo indispensabile ed interesseranno solo ed esclusivamente le aree di intervento;
- il materiale proveniente dagli scavi sarà prioritariamente pareggiato e conguagliato al termine dei lavori. L'eventuale materiale in eccesso sarà smaltito preferibilmente presso

- impianti di recupero o, in subordine, in discarica autorizzata;
- il materiale proveniente dagli scavi ritenuto idoneo sarà quindi reimpiegato al massimo in sito, evitando comunque la formazione di depositi temporanei di materiale di dimensioni tali da arrecare pregiudizio all'integrità dell'ambiente circostante;
 - le aree temporanee di deposito materiali saranno in ogni caso contenute al minimo, e comunque confinate all'interno delle piazzole degli aerogeneratori o in zone dedicate; tale considerazione si riferisce sia ai materiali derivanti da scavi sia ai componenti principali degli aerogeneratori;
 - il cronoprogramma delle attività di cantiere dovrà essere opportunamente studiato per limitare al minimo la durata delle fasi provvisorie (scavi aperti, passaggio di mezzi d'opera, stoccaggio temporaneo di materiali) al fine di ridurre convenientemente gli effetti delle attività realizzative sull'ambiente circostante non interessato all'impianto;
 - le opere di raccolta delle acque dovranno essere opportunamente studiate e dimensionate al fine di scongiurare il pericolo di erosione superficiale dei manufatti;
 - dovrà essere favorito l'inerbimento delle aree temporaneamente rese nude a seguito dei lavori intervenendo prioritariamente mediante la posa in opera di terreno vegetale recuperato durante gli scavi;
 - durante l'esecuzione dei lavori si dovrà 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;
 - al termine dei lavori le piazzole di montaggio degli aerogeneratori saranno ridotte alle dimensioni della piazzola definitiva, tutte le scarpate saranno riprofilate per favorire l'attecchimento delle specie e i luoghi verranno restituiti alla loro destinazione originaria in accordo con le specifiche tecniche più oltre illustrate;
 - al fine di realizzare una migliore integrazione dell'opera nell'ambiente, in prossimità degli accessi all'impianto eolico sarà installata specifica cartellonistica didattica atta ad illustrare le caratteristiche ecologico-paesaggistiche del territorio interessato nonché quelle dell'impianto, evidenziando i benefici, a livello locale e globale, connessi con la generazione dell'energia elettrica tramite fonte eolica.

Si illustrano nel seguito i possibili ulteriori interventi di mitigazione/ripristino ambientale, che saranno recepiti dal progetto, delineati sulla base delle informazioni scaturite dall'analisi

ambientale dei siti di intervento (cfr. Quadro di riferimento ambientale):

Interventi di mitigazione

Per quanto riguarda la mitigazione degli impatti su flora e vegetazione in fase di cantiere si provvederà a:

1. garantire ed accertare:
 - a. il rapido intervento per il contenimento e l'assorbimento di eventuali sversamenti accidentali interessanti acqua e suolo;
 - b. lo smaltimento, in conformità alle leggi vigenti in materia, dei materiali inquinati e di tutti i rifiuti prodotti durante l'esecuzione delle attività e opere;
2. ubicare le aree accessorie e di base logistica in zone prive di vegetazione o su cui siano presenti tipologie di vegetazione erbacea prive di interesse conservazionistico;
3. ridurre al minimo indispensabile per la realizzazione dei lavori i suddetti spazi, così come quelli destinati allo stoccaggio temporaneo del materiale movimentato, le aree delle piazzole e i tracciati delle piste;
4. per quanto riguarda le operazioni di escavo:
 - a. asportare, preliminarmente alla realizzazione delle opere, il terreno di scotico, che sarà rimosso avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali e quelli più profondi, ai fini di un successivo riutilizzo per i ripristini ambientali. Nelle aree delle piazzole gli orizzonti superficiali del suolo, dopo essere stati opportunamente riportati e livellati, saranno compattati al fine di recuperare la struttura più idonea per essere ricolonizzati dalle specie tipiche dei prati naturali.;
 - 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;
 - c. qualora i materiali derivanti dagli escavi risultassero insufficienti o per il rifacimento del fondo stradale, saranno utilizzati inerti provenienti da siti ritenuti compatibili per composizione mineralogica del substrato e, in ogni caso, dovranno essere impiegati materiali privi di carbonati;
5. 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.
6. al fine di limitare gli impatti sulla componente vegetazionale connessi alla realizzazione di nuova viabilità, all'adeguamento di quella esistente, e alla realizzazione delle piazzole dove ubicare gli aerogeneratori, si provvederà, in tutte le situazioni in cui ciò sia

tecnicamente attuabile, ad espiantare e trapiantare nelle immediate vicinanze o in luoghi idonei dal punto di vista pedologico, eventuali esemplari arborei ed arbustivi di pregio presenti, sia lungo i tracciati stradali che nelle piazzole, seguendo accurate tecniche selvicolturali;

7. al fine di assicurare la totale assenza di impatti negativi sull'habitat prioritario di interesse comunitario degli "Stagni temporanei mediterranei" (codice 3170), saranno condotti puntuali sopralluoghi nel periodo compreso tra febbraio e marzo, allo scopo di valutare l'eventuale presenza di pozze e impaludamenti in corrispondenza dei siti di intervento. Sarà dedicata particolare attenzione alle aree sulle quali, nel mese di giugno, è stata rilevata una consistente presenza di *Agrostis pourretii*, ossia sulle quelle individuate per l'installazione degli aerogeneratori Ag1, Ag2, Ag4, Ag8, Ag11 e Ag12. Sulla base dei risultati delle suddette osservazioni si valuterà l'eventuale opportunità di traslare le postazioni stesse.

Durante l'esecuzione delle opere, la Direzione Lavori sarà supportata da un esperto in grado di fornire indicazioni utili a evitare/mitigare eventuali impatti sulla componente vegetale non previsti in fase progettuale. Lo stesso esperto fornirà indicazioni per il ripristino della copertura vegetale dove questa è prevista o supporto per la realizzazione di interventi di recupero.

Interventi di ripristino ambientale

Per quanto riguarda l'aspetto della ricostituzione della copertura vegetale, si deve tenere conto di due elementi caratteristici del territorio in esame. In primo luogo le morfologie pianeggianti del tavolato basaltico non richiederanno consistenti opere di movimento terra per il livellamento dei terreni. Di conseguenza, laddove si produrranno tagli e scarpate, questi avranno altezze modestissime, e non saranno pertanto necessari interventi di contenimento dell'erosione attraverso la creazione di una copertura vegetale stabilizzante.

In secondo luogo, gli interventi di recupero ambientale dovranno tenere conto dell'uso del suolo attuale, restituendo le superfici da ripristinare agli usi agro-pastorali. A tal fine sarà sufficiente procedere alla messa in posto del suolo precedentemente stoccato non ritenendo opportuno introdurre alberi e arbusti sulle superfici da ripristinare. Con tali accortezze l'uso delle superfici come seminativo o la ricolonizzazione da parte delle specie erbacee spontanee nelle aree adibite a pascolo è, infatti, un processo che si compie di norma nel giro di 1-3 stagioni vegetative.

L'unico intervento di ripristino delle componenti vegetali deve riferirsi alla probabile necessità di procedere al taglio di alberi in corrispondenza delle piazzole o, soprattutto, al margine delle piste. Come prima opzione, soprattutto per le querce da sughero, si potrà valutare l'opportunità di espiantare e trapiantare gli alberi in terreni limitrofi. Se tale misura dovesse

risultare insufficiente o impraticabile, si provvederà a nuovi impianti di sughere e roverelle lungo i bordi delle principali piste.

Interventi di compensazione

Sulla base dello studio condotto sulle componenti botaniche del territorio, si è potuto valutare che il principale impatto sulle stesse sarà conseguente alla sottrazione di un'area di pascolo arborato a sughere, estesa poco meno di 4 ettari.

Come già osservato a proposito degli analisi degli impatti, tali ecosistemi devono il loro interesse non tanto alla loro rarità o al livello di naturalità che li caratterizza, quanto al loro valore storico e paesaggistico. Mancano infatti del tutto, nel territorio esame, formazioni vegetali evolute di bosco o macchia, malgrado la potenzialità sia quella di una sughereta caratterizzata da uno strato arboreo e uno arbustivo caratterizzati da una significativa diversità floristica.

Si ritiene pertanto che il modo più efficace di compensare la sottrazione di un habitat seminaturale sia quello di reintrodurre nel territorio un ecosistema ad elevata naturalità, di cui oggi lo stesso territorio è privo. Sarà pertanto eseguita la forestazione, su una superficie pari almeno a quella sottratta dall'intervento, individuabile entro terreni nelle disponibilità della Società Fonteolica, inclusi nel perimetro del parco eolico. A tale riguardo la Figura 10 illustra n. 4 possibili siti di ubicazione del predetto intervento di compensazione. La forestazione sarà realizzata utilizzando le specie arboree che caratterizzano le sugherete del *Violo dehnhardtii-Quercetum suberis*: *Quercus suber*, *Q. gr. pubescens*, *Pyrus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, etc.

Oltre a tale azione, può essere considerata come una misura compensativa anche la prevista ricostituzione delle alberature con specie autoctone ai bordi delle strade, già descritta a proposito delle opere di ripristino ambientale.

Gli interventi sopra indicati saranno attuati mettendo a dimora alberi prodotti in vivaio a partire da materiale di propagazione locale, soprattutto per quanto riguarda le ghiande delle roverelle, allo scopo di evitare il rischio di introdurre genotipi estranei al contesto territoriale. Il terreno dovrà essere recintato per evitare il danneggiamento da parte del bestiame al pascolo e della fauna selvatica; gli esemplari arborei messi a dimora, inoltre, dovranno essere soggetti a cure selvicolturali per i primi due anni dall'impianto, prevedendo fra l'altro la sostituzione degli esemplari che non dovessero sopravvivere.

6.8 Consumo di risorse e natura e quantità dei materiali impiegati

Al fine di consentire una stima degli effetti derivanti dalla sottrazione di copertura naturale conseguenti alla realizzazione ed esercizio del parco eolico (aree di cantiere, viabilità, piazzole provvisorie e definitive e cavidotti) la Tabella 1 e la Tabella 2 riassumono le

principali caratteristiche dimensionali degli interventi, le caratteristiche dei terreni attraversati e la prevedibile durata temporale dei fattori di impatto.

Con riferimento alla risorsa suolo, si stima la necessità di procedere, preliminarmente alla costruzione della fondazione stradale per la nuova viabilità e della soprastruttura delle piazzole (provvisorie e definitive), allo scotico di un orizzonte pedologico dello spessore orientativo di 0,30 m. Come espresso in precedenza la risorsa suolo, il cui quantitativo complessivo da asportare per effetto delle suddette lavorazioni è stimato in circa 45.000 m³, sarà temporaneamente accantonata in corrispondenza delle aree di cantiere nell'ottica di procedere al successivo riutilizzo nell'ambito delle attività di ripristino ambientale, da condursi una volta ultimata l'installazione degli aerogeneratori. Allo stesso modo si procederà allo stoccaggio separato ed al successivo riutilizzo in loco dei quantitativi di suolo derivanti dalle attività di scavo per la realizzazione delle opere di fondazione delle torri di sostegno e di quelli estratti nell'ambito della conduzione degli scavi a sezione obbligata per la realizzazione dei cavidotti interrati (al momento difficilmente stimabili in assenza di sondaggi geognostici puntuali presso le aree di lavoro). I quantitativi di suolo eventualmente in esubero saranno distribuiti uniformemente sul terreno all'interno delle aree di pertinenza dell'impianto.

La realizzazione delle infrastrutture di servizio del parco eolico, inoltre, determinerà la necessità di procedere all'approvvigionamento di materiali naturali presso cave di prestito autorizzate come indicato in Tabella 2. Considerate le stime effettuate in sede progettuale, che conducono a stimare un recupero spinto delle terre e rocce da scavo, i quantitativi di materiale inerte da approvvigionare all'esterno risultano estremamente contenuti.

Corre l'obbligo di precisare, peraltro, come i quantitativi riportati in Tabella 2 siano suscettibili di rivisitazioni in sede progetto esecutivo.

Tabella 1 – Principali caratteristiche dimensionali delle infrastrutture di servizio al parco eolico e stima della sottrazione di aree

Opere	Dimensioni orientative	Ingombro superficiale unitario stimato	Ingombro superficiale complessivo stimato	Caratteristiche dei terreni interessati	Durata fattore di impatto
Area di cantiere per servizi generali	40 m × 50 m	2.000 m ²	4.000 m ²	Aree ad utilizzazione agroforestale	A breve termine
Piazzole provvisorie per assemblaggio componentistica	60 m × 40 m	2.400 m ²	55.200 m ²	Aree ad utilizzazione agroforestale (32.900 m ² circa) Aree antropizzate (2.400 m ² circa)	A breve termine
Piazzole definitive di servizio	20 m × 20 m	400 m ²	9.200 m ²	Aree ad utilizzazione agroforestale (8.800 m ²) Aree antropizzate (400 m ²)	A lungo termine o, eventualmente, permanente (*)
Viabilità ricavata da percorsi esistenti	Lung. = 11.500 m Larg. complessiva carreggiata = 4,50 m	-	69.000 m ² (**) (23.000 m ² circa di nuova occupazione)	Aree ad utilizzazione agroforestale (13.600 m ² circa di nuova occupazione) Aree naturali o seminaturali (9.100 m ² circa di nuova occupazione) Aree antropizzate (300 m ² circa di nuova occupazione)	Permanente
Viabilità di nuova realizzazione	Lung. = 12.500 m Larg. complessiva carreggiata = 4,50 m	-	75.000 m ² (**)	Aree ad utilizzazione agroforestale (56.400 m ² circa di nuova occupazione) Aree naturali o seminaturali (15.600 m ² circa di nuova occupazione) Aree antropizzate (3.000 m ² circa di nuova occupazione)	Permanente o comunque a lungo termine (*)
Cavidotti interrati	Lung. = 23.000 m Larg. ~ 0,65 m	-	14.900 m ²	Aree ad utilizzazione agroforestale (9.500 m ² circa di nuova occupazione) Aree naturali o seminaturali (4.800 m ² circa di nuova occupazione) Aree antropizzate (600 m ² circa di nuova occupazione)	Permanente o comunque a lungo termine (*)
Area stazione MT/AT	~230 m × 190 m	43.500 m ²	43.500 m ²	Aree ad utilizzazione agroforestale	Permanente o comunque a lungo termine (*)

(*) Durata temporale conseguente agli indirizzi prescritti dagli Enti preposti o dai proprietari terrieri per il ripristino ambientale delle aree

(**) Ingombro totale del solido stradale considerando le scarpate in rilevato, ipotizzando una larghezza complessiva di 6 metri.

Tabella 2 – Stima dei quantitativi di materiale naturale di cava necessari per la realizzazione della viabilità e delle piazzole (provvisorie e definitive) di servizio del parco eolico

<i>Materiale</i>	<i>Lavorazione</i>	<i>Quantitativo stimato</i>
Inerti di cava per fondazione stradale e soprastruttura piazzole	Adeguamento piste esistenti	1800 t circa (1000 m ³ circa in posto, 1300 m ³ in cumulo)
	Realizzazione di nuove piste	940 t (400 m ³ circa in posto, 520 m ³ in cumulo)
	Piazzole aerogeneratori	Totalmente recuperabile da operazioni di sbancamento e scavo delle fondazioni.
	Correzioni gralumetriche	900 t (500 m ³ circa in posto, 650 m ³ in cumulo)

Il totale dei materiali da conferire presso impianti di recupero/riutilizzo o, in subordine, a discarica autorizzata è stimato in circa 23.850 m³.

7 CRITERI DI GESTIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico non richiede il presidio da parte di personale preposto, infatti, mediante un sistema di supervisione saranno rilevate e segnalate le condizioni di funzionamento con continuità da posizione remota.

A fronte di situazioni rilevate dal sistema di monitoraggio, è prevista l'attivazione di interventi da parte di personale tecnico locale addetto all'esercizio e alla conduzione dell'impianto.

In termini generali si possono comunque configurare necessità di esecuzione delle seguenti attività:

- servizio di sorveglianza (guardiania);
- manutenzione ordinaria e/o straordinaria della viabilità interna all'impianto;
- conduzione impianto, in conformità a procedure stabilite, liste di controllo e verifiche programmate;
- manutenzione preventiva ed ordinaria programmata in conformità a procedure stabilite, per garantire efficienza e regolarità di funzionamento;
- segnalazione di anomalie di funzionamento con richiesta di intervento di riparazione e/o manutenzione straordinaria da parte di ditte esterne specializzate ed autorizzate dai produttori delle macchine ed apparecchiature;
- predisposizione di rapporti periodici sulle condizioni di funzionamento dell'impianto e sull'energia elettrica prodotta.

La gestione dell'impianto potrà essere effettuata, dapprima con ispezioni a carattere giornaliero, quindi con frequenza bi-trisettimanale, programmando la frequenza della manutenzione ordinaria con interventi a periodicità di alcuni mesi, in base all'esperienza maturata in impianti simili.

8 RISCHIO DI INCIDENTI

8.1 Rischio di distacco della pala di un aerogeneratore

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

In accordo con quanto suggerito dalle recenti Linee Guida Nazionali sulle Fonti Rinnovabili, nel seguito sarà condotta una stima approssimativa della distanza massima che può essere raggiunta da una pala di un generatore eolico tipo *REpower 3.2M114*, 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, in funzione delle condizioni iniziali e al contorno, è estremamente complessa, a causa dell'influenza di un elevato numero di fattori, le stime di seguito condotte sulla base di un modello semplificato, 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 ($\pm 45^\circ$ dall'asse orizzontale con pala in salita) e con ipotesi semplificative circa gli effetti della resistenza/portanza aerodinamica e del trascinamento nella corrente del vento.

8.1.1 Geometria del problema

Il calcolo della gittata massima in caso di rottura di una pala dell'aerogeneratore segue il principio della balistica applicata ai moto dei proiettili. Si sottolinea come i calcoli siano stati condotti considerando nulla la resistenza d'attrito con l'aria, nonché gli effetti di portanza aerodinamica e l'azione di trascinamento del vento.

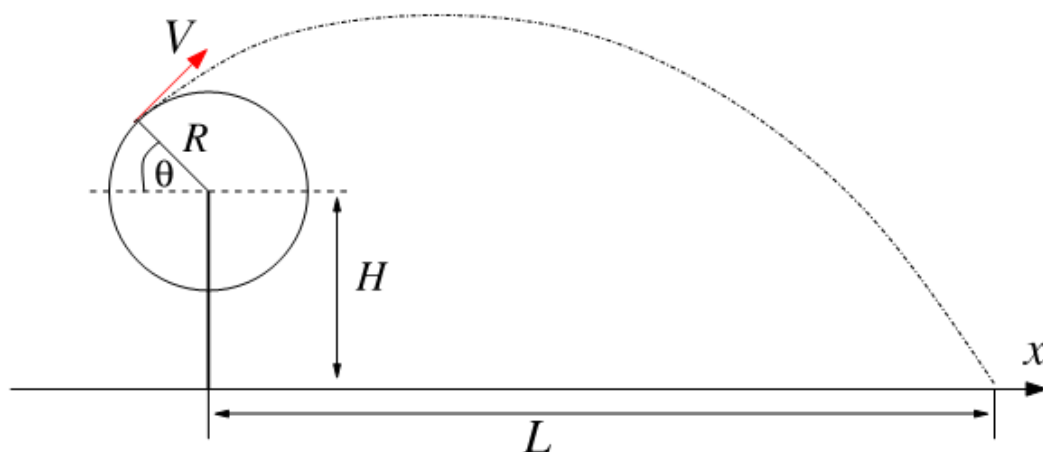


Figura 10 – Schema geometrico del fenomeno di distacco della pala di un aerogeneratore

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità, in accordo con lo schema semplificato di Figura 10, 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

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

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

dove $(x_0; v_0)$ è la posizione iniziale del punto materiale, e $(v_x; v_y)$ è la sua velocità. La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T)=0$. Dalla legge del moto si ottiene la soluzione:

$$T = v_y/g + 1/g \times (v_y^2 + 2y_0g) \quad (3)$$

ottenuta scartando la soluzione corrispondente a tempi negativi.

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. Dalla legge del moto (1) si ottiene:

$$L = x(T)$$

Sostituendo nella (1) l'espressione ricavata per T nella (3) si ricava in definitiva:

$$L = V \sin(\theta)/g \times \{V \cos(\theta) + [V^2 \cos^2(\theta) + 2(H + R \sin(\theta)) \times g]^{1/2}\} - R \cos(\theta) \quad (4)$$

8.1.2 Dati di base per il calcolo

I dati di base sono quelli caratteristici dell'aerogeneratore *REpower 3.2M114*. La lunghezza della pala è pari a 55,8 m e l'altezza della torre del generatore, all'asse di rotazione, 123 m.

La massa della pala di riferimento è pari indicativamente a 14.000 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 14 rpm, lievemente superiore a quella massima indicata per l'aerogeneratore di riferimento.

La velocità del vento, che si considera ovviamente avere direzione parallela all'asse di rotazione del rotore del generatore, è assunta pari a 22 m/s, coincidente con quella massima operativa prima dell'arresto automatico delle pale.

8.1.3 Calcolo della gittata

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

- alla velocità massima del rotore, pari a 14 giri/minuto;
- nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo $\theta = 45^\circ$;
- con il centro di massa posizionato ad $1/3$ della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

L'aerogeneratore previsto, ossia il *REpower 3.2M114*, possiede:

- altezza al mozzo dell'aerogeneratore $H_m = 123$ m;
- lunghezza della pala dell'aerogeneratore $L_p = 55,80$ m;
- distanza dal mozzo del centro di massa della Pala $D_{cm} = L_p / 3 = 18,60$ m;
- Massima Velocità Angolare Rotore $V_{ang} = 22 \text{ Giri/min} = 29 \times 2 \pi / 60 = 1,47 \text{ Rad/sec}$;

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

$$y_0 = H_m + D_{cm} \cdot \sqrt{2}/2 = 136,15 \text{ m}$$

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

$$x_0 = - D_{cm} \cdot \sqrt{2}/2 = -13,15 \text{ m}$$

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

$$V = V_{ang} \times D_{cm} = 27,26 \text{ m/sec}$$

Applicando la (4) ne deriva una distanza percorsa dal centro di massa pari a:

$$L = 160 \text{ metri circa.}$$

8.1.4 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.

D'altro canto il fenomeno è influenzato da ulteriori fattori suscettibili di determinare un significativo incremento della distanza massima raggiunta dalla pala. In primo luogo si osserva che la distanza calcolata con la (4) è riferita alla traiettoria del suo baricento e, pertanto, la stessa andrebbe cautelativamente incrementata dei $\frac{2}{3}$ della lunghezza della pala, ossia di circa 37 metri nell'ipotesi che l'impatto a terra avvenga, per effetto delle rotazioni, "di piatto".

Allo stesso modo, un ulteriore caso sfavorevole è rappresentato dall'eventualità che la pala impatti di punta e subisca un'ulteriore rotazione prima di impattare definitivamente a terra, cosicché si potrebbero cautelativamente aggiungere circa 56 metri oltre al valore calcolato. Infine, l'inerzia della pala in direzione parallela al terreno, può comportare un ulteriore incremento della distanza raggiunta. Tralasciando valutazioni estremamente complesse circa le possibilità di proiezione di porzioni della pala all'impatto a terra nonché la stima degli effetti di trascinamento del vento, si ritiene che, per quanto sopra considerato, si debba cautelativamente prevedere, nel caso più sfavorevole, un incremento della distanza calcolata di circa 90÷100 m.

In definitiva, sulla base dei calcoli condotti nonché delle predette considerazioni e valutazioni aggiuntive inerenti le possibili dinamiche di impatto, si valuta che la distanza indicativa che può essere raggiunta da una pala di un generatore tipo *REpower 3.2M114* che si distacchi dal mozzo in condizioni nominali di funzionamento, sia di circa 260 metri.

9 PROGRAMMA TEMPORALE

Una volta conseguite le autorizzazioni si procederà ad effettuare la scelta definitiva degli aerogeneratori e a negoziare il relativo contratto di fornitura. In parallelo saranno avviate le attività propedeutiche finalizzate alla progettazione esecutiva.

Sulla base dell'esperienza acquisita nella realizzazione di altri impianti simili, si ritiene ipotizzabile, un periodo complessivo di 18÷21 mesi per la messa in servizio dell'impianto a partire dall'ottenimento di tutte le autorizzazioni per la costruzione.

Il periodo stimato, che è congruente con i tempi di consegna degli aerogeneratori attualmente imposti dai costruttori, può essere suddiviso come segue:

- circa 8 ÷ 9 mesi per l'esecuzione definitiva dei rilievi e delle indagini, la predisposizione dei progetti esecutivi, i relativi depositi, la negoziazione dei contratti di appalto e l'apertura del cantiere;
- circa 10 ÷ 12 mesi per l'esecuzione delle opere civili ed elettromeccaniche, i montaggi degli aerogeneratori e la messa in servizio dell'impianto.

I lavori civili ed elettromeccanici saranno affidati preferibilmente a società locali, con comprovata esperienza nel settore, che saranno obbligati ad attuare tutti i consueti provvedimenti adottati nei cantieri, quali ad esempio la riduzione della rumorosità e della produzione di polveri (bagnatura piste, teloni, ecc). Le attività di cantiere non precluderanno le normali attività produttive e/o agricole della zona.

Il trasporto e il montaggio delle macchine sarà affidato al costruttore dell'aerogeneratore che ne curerà anche il collaudo e la messa in servizio.

La Direzione del cantiere, oltre ad esigere la conformità delle attività di cantiere alle normative in termini di sicurezza sul lavoro ed ai capitolati, in accordo con le Leggi vigenti, avrà cura di far rispettare quanto previsto da un piano dei lavori, da elaborare in fase di progettazione esecutiva, finalizzato al contenimento degli aspetti di interferenza anche provvisoria con l'ambiente.

Le aree eccedenti quelle strettamente necessari l'esercizio dell'impianto utilizzate durante la fase di costruzione saranno riportate al loro stato *ante operam*, avendo cura ove possibile di migliorare le infrastrutture già esistenti.

10 DISMISSIONE E RIPRISTINO DEI LUOGHI

Al termine del ciclo di vita utile dell'impianto, 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 dimissione del parco eolico ed il conseguente ripristino ambientale delle aree interessate dalla realizzazione dell'opera.

Le moderne turbine eoliche di grande taglia hanno ad oggi un'aspettativa di vita di circa 20÷25 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 evolute ed efficienti assicurando la continuità operativa delle centrali con conseguenti prospettive di vita ben superiori ai 20 anni (c.d. *repowering*). In ogni caso, in caso di cessazione definitiva dell'attività produttiva, gli aerogeneratori dovranno essere smantellati.

Nell'ottica di assicurare la disponibilità di adeguate risorse economiche per l'attuazione degli interventi di dimissione e recupero ambientale, il piano finanziario di gestione del parco eolico dovrà dunque prevedere l'accantonamento progressivo di adeguate somme all'uopo destinate.

La fase di decommissioning consisterà nelle seguenti attività.

Le operazioni di disassemblaggio delle turbine saranno condotte secondo modalità individuate, in linea di principio, al fine di limitare il più possibile i potenziali impatti sull'ambiente circostante.

I lavori da eseguire per la dimissione dell'impianto e per il conseguimento del ripristino ambientale del sito in oggetto possono essere così sintetizzati:

- a) smontaggio del rotore degli aerogeneratori (navicella e pale) e delle altre apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche collocate nelle torri di sostegno; smontaggio delle torri tubolari metalliche di sostegno degli aerogeneratori. Prima di procedere allo smantellamento dei singoli aerogeneratori si provvederà all'estrazione degli oli minerali presenti negli stessi, contenuti nel moltiplicatore di giri e nella centralina oleodinamica di comando in navicella; il loro smaltimento sarà eseguito nel pieno rispetto delle leggi vigenti;
- b) smontaggio delle parti del rotore, delle parti della navicella, del trasformatore e del fusto. Onde evitare l'impiego di trasporti eccezionali, si provvederà direttamente in loco al taglio, operato con fiamma ossidrica, dei conci della torre e delle pale in un numero adeguato di pezzi di dimensioni compatibili con gli usuali pianali dei camion, riducendo così i conseguenti disagi per la circolazione e svincolandosi dalla programmazione imposta ai trasporti eccezionali. I materiali verranno trasportati in luogo adeguato per lo

- smantellamento finale e l'eventuale recupero dei materiali;
- c) recupero della cavetteria elettrica presente nei cunicoli prossimi agli aerogeneratori; non viene prevista la rimozione dei cavi interrati lungo tutta la viabilità d'impianto e di collegamento con la stazione ricevitrice, in quanto:
- i cavi sono posati ad una profondità tale da non interferire con l'utilizzo del terreno agrario;
 - essendo scollegati da qualsiasi apparecchiatura in tensione, non costituiscono assolutamente pericolo alcuno per persone o cose;
 - la loro rimozione comporterebbe la riapertura degli scavi eseguiti per il loro stendimento procurando una inutile destabilizzazione del terreno ed un dissesto del corpo stradale;
- d) una volta rimosse le torri di sostegno, si procederà all'eliminazione della flangia di base della torre stessa ed alla demolizione di parte delle fondazioni fino ad una profondità di almeno 1 m dal piano campagna *ante operam*. L'asportazione di questa parte della fondazione consentirà la restituzione delle aree al loro utilizzo preesistente. Le fondazioni degli aerogeneratori non verranno demolite completamente in quanto si ritiene che la loro demolizione completa produrrebbe all'ecosistema maggiori danni che vantaggi con la riapertura di un grosso scavo;
- e) eliminazione della massicciata delle piazzole degli aerogeneratori e rimodellamento del profilo del terreno in corrispondenza delle stesse. In ogni caso, lo strato superficiale di spessore di almeno 50 cm sarà composto da terreno vegetale del luogo. Durante i lavori verrà posta particolare cura alla regimazione delle acque superficiali con eventuale formazione di scoline e fossette e verranno ripristinati gli impluvi originari;
- f) rimozione delle massicciate delle piste in MacAdam realizzate ex novo. L'eliminazione delle piste comporterà contestualmente il modellamento del terreno con l'impiego di pala meccanica e verranno ripristinati gli impluvi originari per il corretto e naturale deflusso delle acque piovane. Rimarranno comunque le piste o i tratti di pista che erano esistenti e che sono stati ammodernati a seguito dell'installazione dell'impianto eolico;
- g) per quanto riguarda la stazione ricevitrice si prevede lo smontaggio/rimozione e l'allontanamento del trasformatore AT/MT e degli armadi contenenti anche i quadri elettrici, una volta accertata l'impossibilità di riutilizzare dette apparecchiature per estendere o migliorare la distribuzione dell'energia elettrica nel territorio di competenza della stazione. Si prevede il solo allontanamento del trasformatore e dei quadri elettrici: le altre parti elettromeccaniche presenti (quali isolatori, sbarre e tralicci di collegamento alla linea 380 kV) e le cabine di comando e di centrale rimarranno in ogni caso a

disposizione della proprietà; verrà inoltre mantenuto l'ingresso con la relativa recinzione utilizzabile per la manutenzione della rete elettrica;

Alcune infrastrutture che costituiscono l'impianto stesso (talune preesistenti) potrebbero essere utilmente sfruttate o riconvertite a livello locale. Per queste varrà la pena indagare tra i possibili fruitori circa l'interesse ad una cessione nei loro confronti, prima di procedere alla definitiva eliminazione.

La viabilità potrebbe essere utile, talvolta indispensabile:

- per l'accesso ai fondi agricoli, favorendo la loro coltivazione e facilitando il transito dei macchinari;
- per il controllo e la manutenzione del territorio e, in casi di emergenza, per consentire di raggiungere zone altrimenti non accessibili;
- per la installazione di strutture e sistemi di avvistamento incendi, di telecomunicazione, di segnalazione,
- per la fruizione del territorio a scopo turistico/escursionistico, laddove la stessa di colloca su alti morfologici che consentono vasti e godibili campi visivi,
- per la ricolonizzazione rurale degli agri, consentendo la costruzione di nuovi insediamenti abitativi, di stalle per allevamento, di opifici per la trasformazione in derrate alimentari dei prodotti dell'agricoltura e dell'allevamento.

Le piazzole già sede degli aerogeneratori potrebbero essere utilizzate:

- come aree di sosta di trattori, carrelli rimorchio, autocarri, altri mezzi da trasporto o macchine operatrici;
- per allocazione di strutture di avvistamento incendio o per altri controlli del territorio (in questi casi anche i plinti interrati degli aerogeneratori possono trovare un valido riutilizzo con funzione statica per sostegno di torrette lignee o metalliche),
- per allocazione di antenne od altre apparecchiature di supporto alle telecomunicazioni, alla navigazione aerea, etc..

Numerose altre possibilità di recupero e riutilizzo potranno ovviamente essere proposte ed attuate per estendere la vita utile di opere e manufatti esistenti a favore di altri operatori economici o della collettività.

11 CANTIERIZZAZIONE E MESSA A REGIME

11.1 Premessa

Nel seguito saranno sinteticamente descritte le attività inerenti alla fase realizzativa dell'impianto eolico "Sa Muzzere" in Comune di Macomer e Borore (NU) con particolare riferimento all'organizzazione e alle modalità operative del cantiere. Per maggiori approfondimenti sull'argomento si rimanda alla specifica relazione allegata al progetto definitivo dell'impianto (*"Organizzazione del cantiere per la realizzazione dell'impianto eolico"*) da cui sono state tratte, in prevalenza, le informazioni di seguito riportate.

All'interno dei documenti progettuali si è condotta un'analisi di dettaglio delle fasi costruttive dell'impianto, al fine di individuare precauzioni e/o sequenze di lavoro tali da contenere, anche in fase costruttiva, le interferenze tra le operazioni e l'ambiente alle sole aree di stretta pertinenza dell'impianto.

L'opera può essere suddivisa in tre parti principali:

- a) l'impianto eolico che è costituito da n. 23 aerogeneratori da 3,2 MW per un totale di potenza installata di 73,6 MW, dalla viabilità di servizio e dai cavidotti MT di collegamento fra gli aerogeneratori;
- b) il cavidotto interrato MT di collegamento tra l'impianto e la stazione di consegna;
- c) la stazione di connessione alla RTN e la sottostazione di trasformazione MT/AT ubicate in prossimità dell'impianto, adiacenti alla linea a 380 kV esistente.

Per la parte a), che costituisce l'area di cantiere più significativa per la realizzazione dell'impianto, si è provveduto a:

- Identificare le fasi elementari di lavoro e le tipologie di lavoro associate (queste rientrano comunque nelle normali categorie per costruzioni edili e/o montaggi di impianti industriali di tipo elettromeccanico);
- Quantificare le voci merceologiche di maggior interesse per gli scopi del presente documento per ciascuna fase elementare;
- Identificare per ciascuna fase le precauzioni/modalità operative da adottare per limitare l'impatto sull'ambiente circostante;
- Identificare un programma temporale di realizzazione (di primo livello) che caratterizzi lo sviluppo temporale delle fasi realizzative e le loro interazioni possibili con l'ambiente circostante;
- Effettuare una stima complessiva delle risorse (uomini e mezzi d'opera) necessarie e

della loro massima presenza contemporanea, dimensionando quindi le strutture logistiche di cantiere;

- Caratterizzare globalmente la fase realizzativa.

Per la parte b) ci si è limitati a identificare le fasi costruttive e a quantificare gli interventi, mentre per la parte c) soltanto le fasi costruttive; considerato che la realizzazione della Stazione riguarda anche lavorazioni riferite all'Ente Gestore della Rete.

Al termine della specifica relazione di progetto è inserita una bozza del regolamento di cantiere che può essere assunta come riferimento.

Di seguito si riportano le principali conclusioni e/o considerazioni emerse dall'analisi progettuale.

La quantità di movimenti terra complessivamente previsti risulta del tutto normale per tale tipologia di opera. Inoltre, data la natura del terreno, si prevede il riutilizzo in sito di una consistente porzione del materiale proveniente dagli scavi (cfr. par. 6.6.5).

La morfologia degli ambiti di intervento è tale che non si ravvede la necessità di ricorrere ad opere definitive di sostegno delle scarpate, maggiormente impattanti da un punto di vista visivo, quali muri di sostegno a vista o gabbionate, né sulla viabilità né sulle piazzole degli aerogeneratori.

Le aree temporanee di deposito materiali saranno limitate e comunque confinate all'interno delle piazzole degli aerogeneratori o nell'apposita area di cantiere; tale considerazione vale sia per i materiali derivanti da scavi (data l'elevata percentuale di riutilizzo in sito stimata in progetto) sia per i componenti principali degli aerogeneratori, che saranno scaricati direttamente a piè d'opera (sulle piazzole) ed in posizione già idonea per il successivo sollevamento.

Le aree di cantiere necessaria per la logistica del personale e dei mezzi d'opera saranno attrezzate e realizzate senza ricorrere ad opere permanenti, e pertanto ripristinando a fine lavori il luogo nelle condizioni iniziali.

Il sito è servito di una viabilità che permette, integrata con la nuova, di realizzare un programma temporale di cantiere che preveda parziali sovrapposizioni degli interventi. Sarà inoltre cura della Direzione Lavori intervenire per limitare temporalmente le inevitabili situazioni provvisorie (scavi aperti, passaggio di mezzi d'opera, stoccaggio temporaneo di materiali) e, di conseguenza, i possibili effetti sull'ambiente circostante non interessato direttamente dagli interventi.

La fase dei montaggi degli aerogeneratori (con le successive fasi di prove funzionali e avviamento) sarà mantenuta separata da quelle di realizzazione delle opere civili.

11.2 Identificazione delle fasi costruttive

11.2.1 Impianto eolico

Per la realizzazione dell'impianto eolico "Sa Muzzere" sono da prevedersi le seguenti fasi costruttive elementari, elencate di seguito in successione logica.

11.2.1.1 Viabilità di servizio e piazzole

Esecuzione dei lavori di realizzazione della viabilità di servizio (collegamento tra gli aerogeneratori) e delle piazzole. In tale fase le operazioni consisteranno essenzialmente in tipiche lavorazioni di tipo stradale quali:

- Regularizzazione superficiale e planoaltimetrica delle strade esistenti attraverso scotico superficiale e limitate operazioni di scavo;
- Realizzazione di nuova viabilità con limitate operazioni di scavo e riporto;
- Realizzazione di opportuna massicciata stradale con stesura di tessuto non tessuto e stesura e rullatura di materiale arido;
- Realizzazione delle piazzole per il posizionamento degli aerogeneratori, con scavi e riporti;
- Sistemazione finale delle piazzole degli aerogeneratori attraverso la posa di terreno vegetale sulle aree provvisorie utilizzate per il montaggio;
- Realizzazione di canalizzazioni di superficie per la regimazione delle acque.

11.2.1.2 Fondazioni

Realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori e della porzione della rete di terra sull'area della piazzola attraverso scavi a sezione obbligata, formazione dello strato di magrone, posa e livellamento del concio di fondazione, armatura e cassetatura, getto del cls, scassetatura e rinterro dello scavo.

11.2.1.3 Realizzazione dei cavidotti interrati

I cavidotti interrati sono realizzati attraverso uno scavo a sezione obbligata (pareti verticali), posa dei cavi (compresi il conduttore di terra e la fibra ottica), riempimento con materiale vagliato e posa dei dispositivi di protezione e segnalazione (nastro monitore e tegoli protettivi).

11.2.1.4 Installazione degli aerogeneratori

I lavori per l'installazione degli aerogeneratori prevedono:

- Trasporto, stoccaggio a piè d'opera in corrispondenza delle fondazioni dei componenti

del fusto dell'aerogeneratore;

- Trasporto, stoccaggio a piè d'opera in corrispondenza delle fondazioni delle apparecchiature elettromeccaniche di potenza (trasformatore BT/MT; quadro BT e quadro MT) e controllo (quadro di controllo) poste a base torre all'interno della stessa;
- Trasporto, eventuale stoccaggio a piè d'opera ed eventuale predisposizione degli *internals* (scale, cavi, lampade), sollevamento e montaggio tronchi di torre;
- Trasporto, stoccaggio a piè d'opera ed installazione navicella;
- Trasporto, montaggio a piè d'opera, sollevamento ed installazione rotore;
- Cablaggi elettrici e predisposizione all'entrata in produzione.

11.2.1.5 Opere di mitigazione

Tale fase comprende:

- Sistemazione morfologica e ambientale delle altre aree interessata dai lavori attraverso opere di modellazione degli scavi e inerbimenti;
- Opere di compensazione.

11.2.1.6 Prove funzionali ed avviamento

Tale fase comprende:

- Messa in tensione del sistema;
- Prova delle protezioni elettriche delle cabine di macchina;
- Messa in tensione degli aerogeneratori, predisposizione degli stessi all'avviamento, prove di *commissioning*.

Tale fase di lavoro è del tutto analoga alla fase di esercizio dell'impianto e pertanto non costituisce un elemento da considerare nell'ambito dell'analisi delle fasi di cantiere.

11.2.2 Viabilità di accesso

L'accesso al sito avviene sfruttando la viabilità asfaltata esistente sulla quale non sono previsti interventi di adeguamento.

11.2.2.1 Cavidotto interrato MT di collegamento alla stazione di trasformazione

Anche questo cavidotto è concettualmente analogo a quelli previsti nell'impianto e pertanto realizzato attraverso uno scavo a sezione obbligata (pareti verticali), posa dei cavi, del conduttore di terra e della fibra ottica, riempimento con materiale vagliato e posa dei dispositivi di protezione e segnalazione (nastro monitor e tegoli protettivi).

11.2.2.2 Stazione di trasformazione e punto di consegna

La connessione dell'impianto alla rete elettrica è prevista in alta tensione a 380 kV sulla esistente linea Ittiri-Selargius, mediante una sottostazione di trasformazione MT/AT (30/150 kV) da realizzare sotto linea nel comune di Borore in prossimità della linea e a poca distanza dall'impianto.

All'interno dell'area della stazione di trasformazione MT/AT dovranno essere realizzati la cabina comandi dell'Ente Gestore della rete e la cabina d'impianto e di centrale di Fonteolica.

L'installazione della cabina primaria comporta l'esecuzione dei seguenti lavori:

- Movimenti terra ed eventuali opere di sostegno per la predisposizione dell'area interna al perimetro della stazione di trasformazione;
- Trasporto e scarico materiale necessario alla realizzazione delle opere civili (cabine prefabbricate in c.a., armature, sacchi di cls etc.);
- Realizzazione delle fondazioni attraverso scavi, formazione dello strato di magrone, armatura e cassetatura, getto del cls, scassetatura e riempimento dello scavo;
- Realizzazione delle opere civili delle cabine di Fonteolica e Terna, realizzati con pannelli prefabbricati;
- Opere di finitura esterna (rivestimenti e sigillature) ed interna;
- Trasporto e posizionamento delle apparecchiature elettromeccaniche nella cabina comandi Fonteolica;
- Trasporto e posizionamento nella cabina comandi stazione di Terna della quadristica, nonché dei trasformatori e relative apparecchiature elettromeccaniche per il collegamento elettrico alla rete;
- Connessioni elettriche al cavidotto, nonché alla rete;
- Recinzione della stazione, costituita da un cordolo in calcestruzzo sormontato da pannelli in grigliato metallico zincato.

11.3 Impianto di cantiere

In linea generale, si sono individuate due aree idonee per predisposizione dell'area di cantiere, la prima in corrispondenza del pianoro ubicato a lato della viabilità di progetto che porta alla piazzola dell'aerogeneratore n° 8, la seconda in corrispondenza della viabilità che conduce gli aerogeneratori n° 9 e n° 10, di dimensioni orientative 50 m × 40 m, opportunamente recintata, e ricavata spianando e apportando materiale arido dello spessore minimo di 20 cm opportunamente compattato.

Tale area risponde sia alle esigenze operative (il più vicino possibile al baricentro dell'impianto) sia alle esigenze preparatorie del terreno (il più possibile pianeggiante).

Negli elaborati progettuali è riportata una disposizione tipica delle baracche di cantiere e delle aree da adibire a stoccaggio materiali.

L'allestimento di detta area non richiederà la predisposizione di opere definitive, al fine di garantire la completa rimozione delle infrastrutture a fine lavori.

Data l'estensione dell'impianto non vi è la necessità di ricorrere alla predisposizione di aree di cantiere secondarie.

L'allestimento del cantiere (n. baracche, servizi, ecc.) deve prevedere la presenza di tutte le imprese interessate alla realizzazione completa dell'impianto (opere civili, installazione aerogeneratori e avviamento impianto). La progettazione delle strutture logistiche del cantiere verrà effettuata sul numero di addetti presenti nel periodo di massima attività lavorativa.

L'approvvigionamento di acqua per i servizi verrà assicurato mediante appositi contenitori in materia plastica che verranno installati in prossimità delle baracche. Il rifornimento di acqua potabile sarà assicurato con l'approvvigionamento di acqua minerale in bottiglia.

L'impianto elettrico di cantiere, alimentato da gruppo elettrogeno, sarà conforme ai requisiti della normativa vigente sulla sicurezza degli impianti.

L'area di deposito materiali sarà organizzata in funzione della necessità di una corretta conservazione del materiale e soprattutto del suo grado di pericolosità.

Sono previste le seguenti aree di deposito materiali:

- Deposito ferri di armatura (se non lasciati direttamente a piè d'opera sulle piazzole);
- Deposito inerti;
- Ricovero macchinari;
- Deposito materiali vari.

I depositi di cui sopra, se riguardano immagazzinamento di materiale soggetto a pericolo di incendio (es. carburante per alimentazione gruppo elettrogeno o mezzi d'opera), dovranno essere dotati di adeguati presidi di sicurezza e antincendio (protezione contro le scariche atmosferiche, dotazione di estintori).

Analogamente, ogni baracca di cantiere sarà dotata di estintore.

11.4 Caratteristiche dimensionali della componentistica degli aerogeneratori e delle principali attrezzature di cantiere

Al fine di illustrare le problematiche di cantiere associate al trasporto ed installazione delle turbine eoliche, nel prosieguo saranno riportate approssimativamente le caratteristiche dimensionali della componentistica, da movimentare tramite gru telescopica, per consentirne l'assemblaggio:

Navicella

Altezza (m)	4.30 circa (completa di carenatura)
Larghezza (m)	4.20 circa
Lunghezza (m)	13.00 circa
Peso complessivo (t, escluso rotore e trasmissione)	58 circa

Mozzo

Peso (t)	52 circa
Dimensione della struttura di trasporto del mozzo	6.9m×3.4×3.1m circa;

Pale (parametri dimensionali approssimativi)

Lunghezza (m)	55.8
Altezza max (m)	4.0
Peso di ciascuna pala (t)	14
Peso completo del rotore (t)	23

Cabina di controllo (parametri dimensionali approssimativi)

Dimensioni	13.0m×4.2m×4.3m
Peso (t)	58

Torre (parametri dimensionali approssimativi)

Lunghezza (m)	123
Diametro alla base (m)	4.30
Diametro in sommità (m)	3.00
Numero conci	3 o 4

Requisiti della gru principale

Portata massima da sostenere a 100 m	Circa 135 t
Altezza di aggancio max	Circa 125 m
Sbraccio	Circa 22 m

La **gru ausiliaria** dovrà assicurare uno sbraccio di 8 m ed una portata minima di 38 t.

11.5 Trasporto degli aerogeneratori

I componenti degli aerogeneratori saranno trasportati in sito secondo le seguenti modalità:

Componente	Tipo di convoglio	Numero di trasporti
Concio di fondazione	Autoarticolato	0,5
Rotore	Bilico ribassato	1
Mozzo e navicella	Bilico ribassato	2
Componenti ELM	Autoarticolato	0,5
Torre	Bilico ribassato	4

Pertanto, considerando 23 aerogeneratori previsti in progetto, complessivamente risultano 184 trasporti (compresi i trasporti eccezionali su bilico ribassato con assi indipendenti).

A questi sono da aggiungere i trasporti per i mezzi di sollevamento quantificabili in:

Tipo	Qtà	Mezzi aux	
Gru 160 t	1	1	(*)
Gru 200 t	1	2	
Gru 500 t	1	3	

(*) sostituibile da gru da 120 t

Queste gru sono del tipo "*all terrain vehicle*" (gommate).

I mezzi ausiliari sono autoarticolati necessari per il trasporto delle zavorre e dei componenti non trasportabili sulla gru (es. jib).

11.6 Montaggio ed installazione aerogeneratori

A partire dalla predisposizione del piano compattato della piazzola e dalla opportuna maturazione del calcestruzzo della fondazione, il montaggio e la installazione degli aerogeneratori può essere sintetizzato nelle fasi di seguito descritte.

E'opportuno evidenziare come le lavorazioni in questione si svolgono su aree già preparate dalle lavorazioni precedenti e pertanto non hanno alcuna interferenza con lo stato dei luoghi *ante operam*.

Le fasi di montaggio ed installazione sono essenzialmente:

- Trasporto e posizionamento a piè d'opera dei componenti: in linea generale si tratta dei quattro tronchi di torre, del rotore (3 pale), della navicella, del mozzo e delle apparecchiature elettromeccaniche di potenza e controllo (quadri e trasformatore). I componenti vengono ad essere scaricati a piè d'opera tramite gru già in posizione idonea per il loro successivo sollevamento.
- Assemblaggio rotore/mozzo: tale operazione viene ad essere effettuata a piè d'opera tramite l'ausilio di gru e lavorazioni di tipo essenzialmente meccanico (serraggio bulloni). Il rotore viene ad essere assiemato orizzontalmente e le pale sostenute tramite opportuni spessori.
- Sollevamento dei tronchi di torre: viene ad essere effettuato da una gru principale di caratteristiche adeguate ai pesi ed agli sbracci, orientativamente di portata 500 t, opportunamente supportata da una gru ausiliaria di portata 160÷200 t.
- Sollevamento e posizionamento navicella e rotore: una volta posizionati i tronchi di torre,

in successione immediata, tramite sempre la gru principale, vengono ad essere sollevati ed installati la navicella ed il rotore.

- Assemblaggi interni: le operazioni si svolgono all'interno dell'aerogeneratore e comprendono essenzialmente la stesura di cavi, il montaggio di staffe, lampade, quadri di controllo e potenza, il montaggio del trasformatore BT/MT e della quadristica e tutti cablaggi elettrici. In tale fase si prevede la produzione di materiali di scarto delle lavorazioni, quali residui di imballaggi, residui di cablaggi elettrici etc, che verranno smaltiti attraverso il conferimento a pubbliche discariche in accordo alle disposizioni di legge.

11.7 Cronoprogramma dei lavori

La localizzazione geografica del sito in esame assicura la possibilità che le attività di cantiere possano essere effettuate durante tutte le stagioni dell'anno.

Secondo quanto esplicitato nel progetto, il processo realizzativo per i lavori prevedrà il coinvolgimento di n. 2 imprese/società appaltatrici e di un numero di imprese subappaltatrici, articolate, sulla base di analoghe installazioni già effettuate, come di seguito riportato:

Appaltatore/Fornitore	Attività Diretta	Attività in Subappalto
Opere Edili	Movimenti terra strade e piazzole (sbancamenti e rilevati). Fondazioni (scavi e opere in c.a.). Scavi e riempimenti cavidotti.	Posa in opera dei cavi (cavi MT, fibre ottiche, corda di terra, ecc.), terminazione dei cavi M.T. e cablaggi. Opere a verde e di rinaturalizzazione;
Fornitore in opera aerogeneratori	Montaggi meccanici ed elettrici. Avviamenti.	Trasporto in opera dei componenti; gruaggi.

In linea generale, per questa tipologia di impianti, data la limitata possibilità di circolazione e manovra di mezzi, nell'ottica di scongiurare situazioni di disordine in cantiere, si tende ad evitare la contemporanea presenza degli appaltatori delle opere edili e del fornitore in opera degli aerogeneratori.

Tale metodo di approccio è tanto più vero quanto più è limitato il numero di aerogeneratori da installare, con una limitata possibilità di circolazione dei mezzi d'opera.

La sequenza delle lavorazioni sarà la seguente:

- Predisposizione e completamento di tutte le opere ed infrastrutture civili, compresa la realizzazione del cavidotto di impianto, suddivisa nelle seguenti sottofasi:
 - Realizzazione viabilità (nuova e riattamento esistente);
 - Predisposizione piano di imposta delle piazzole;
 - Realizzazione fondazione aerogeneratore e maglia di terra;
 - Predisposizione piazzole;
 - Realizzazione cavidotto di impianto.
- Trasporto in sito, assemblaggio a piè d'opera e montaggio degli aerogeneratori;
- Opere di finitura (regimazione idraulica e sistemazione ambientale).

Il piazzale della stazione di trasformazione potrà essere realizzato in parallelo alle opere relative all'impianto eolico, in quanto completamente svincolato dall'impianto stesso.

La Tabella 3 riporta il programma generale di realizzazione (cronoprogramma) dell'impianto eolico in senso stretto, elaborato sulla base dei principi di cui sopra.

Tabella 3 – Cronoprogramma indicativo dei lavori

fase	settimana																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
allestimento cantiere																																								
realizzazione viabilità di servizio																																								
scavi e fondazioni aerogeneratori																																								
predisposizione piazzole																																								
realizzazione cavidotti interrati																																								
trasporto aerogeneratori																																								
installazione aerogeneratori																																								
prove funzionali e avviamento																																								
completamento opere civili																																								
smobilizzo cantiere																																								

11.8 Frequenze di traffico

La Tabella 4 e il diagramma in Figura 11 riportano i dati relativi al traffico indotto medio settimanale, suddiviso per tipologia di mezzo e per ciascuna fase di lavoro. Si ritiene trascurabile il contributo indotto dal traffico automobilistico leggero derivante dalla presenza del personale di cantiere, mentre viene indicato il traffico conseguente alla fase di allestimento e di smobilizzo del cantiere.

Dall'esame dei dati si nota come il traffico indotto massimo si presenti in corrispondenza

della sovrapposizione temporale dei lavori di realizzazione delle fondazioni, la predisposizione delle piazzole, la realizzazione dei cavidotti interrati ed il trasporto in cantiere degli aerogeneratori, con circa 127 automezzi in cantiere (circa 51 passaggi medi giornalieri in totale).

Tabella 4 - Traffico indotto medio settimanale conseguente alle lavorazioni di cantiere per la realizzazione del parco eolico "Sa Muzzere" distinto per tipologia di automezzo

attività	tipo	settimana																																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40			
allestimento cantiere	C	3	3																																									
realizzazione viabilità di servizio	C		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25																																
scavi e fondazioni aerogeneratori	C									10		20		20		16		16		16		16		16		16		10																
	B									65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65																
	A									4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4															
predisposizione piazzole	C																						9	9	9	9	9	9	9															
realizzazione cavidotti interrati	C																																											
trasporto aerogeneratori	E																							10	10	10	10	10	10	10	10	10												
	A																										19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
installazione aerogeneratori																											2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
prove funzionali e avviamento																																												
completamento opere civili	C																																				3	3	3	3	3	3	3	3
smobilizzo cantiere	C																																								3	3	3	3
totale		3	28	25	25	25	25	25	25	104	94	116	96	91	71	87	71	87	71	87	71	87	71	87	71	106	90	127	111	119	40	40	31	31	31	21	24	24	24	3	3	3	6	6

Legenda: **A** =autoarticolato ; **B**=betoniera ; **C**=camion ; **E** =trasporto eccezionale

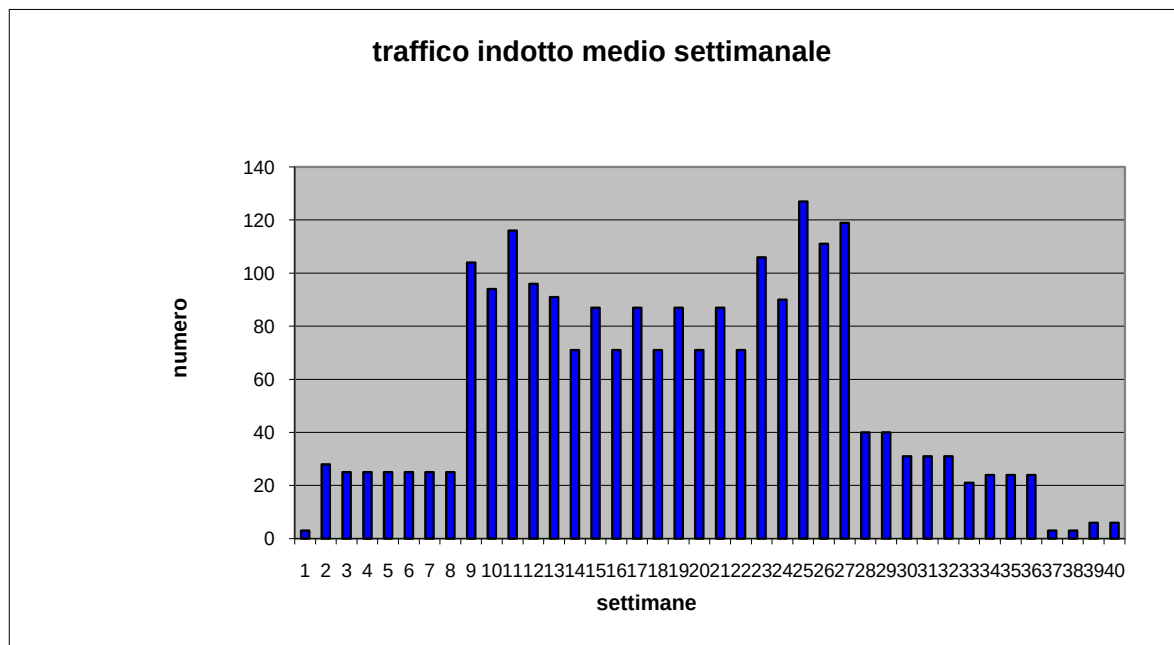


Figura 11 – Traffico indotto medio settimanale conseguente alle lavorazioni di cantiere per la realizzazione del parco eolico "Sa Muzzere"

BIBLIOGRAFIA GENERALE SIA

APAT, 2005. *Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia*.

APER – Associazione Produttori Energia da Fonti Rinnovabili, 2010. *Report eolico*.

Arnold E.N. & Burton J. A., 1978 - *A field guide to the reptiles and amphibians of Britain and Europe*. Collins, London, 272 pp. [edizione italiana: "Guida dei Rettili e degli Anfibi d'Europa", F. Muzzio Ed., Padova, 244 pp. (1986)].

Arrigoni P.V., 2006. *Flora dell'isola di Sardegna*, 1. Carlo Delfino Editore, Sassari.

Aru A., Vacca A., Baldaccini P., 1990. Carta dei suoli della Sardegna. Ed. SELCA, Firenze.

Atti del Convegno "l'Italia a energie rinnovabili: l'energia eolica possibile" - Viareggio (LU), 12 Dicembre 2006. Relazione di Sauro Valentini – Assessorato Ambiente Regione Toscana.

Bacchetta G., Bagella S., Biondi E., Farris E., Filigheddu R., Mossa L., 2009. *Vegetazione forestale e serie di vegetazione della Sardegna* (con rappresentazione cartografica alla scala 1:350.000). Fitosociologia, 46 (1), suppl. 1, pp. 3-82.

Bagella S., Caria M.C., Farris E., Filigheddu R., 2009. *Phytosociological analysis in Sardinian Mediterranean temporary wet habitats*. Fitosociologia, 46 (1), pp. 11-26.

Banco di Sardegna, Ufficio Progetti Speciali, 2003. *L'Economia della Provincia di Nuoro*, analisi elaborata da Andrea Saba.

Barrocu G., 1974. *Contributo alla conoscenza della geologia del bacino medio del Tirso: sui rapporti fra i depositi di Pedemonte del Marghine e i basalti dell'altopiano di Abbasanta – Borore (Sardegna centrale)*. Univ. Studi Cagliari, Resoc. Assoc. Min. Sarda, 1-2.

Beccaluva L., Deriu M., Savelli C., Venturelli G., 1977. *Geochronology and magmatic character of the Pliocene-Pleistocene volcanism in Sardinia*. Bull. Volcanol., 1-16, 40.

Brullo S. & Minissale P., 1998. *Considerazioni sintassonomiche sulla classe Isoeto-Nanojuncetea. Itinera Geobotanica*, 11, pp. 263-290.

Cao C., Pazzaglia G., Puddu P., 1969. *Determinazione statistica delle curve di possibilità pluviometrica : applicazione alle piogge di durata inferiore alle 24 ore in Sardegna*. Atti del Convegno nazionale su l'idrologia e la sistemazione dei piccoli bacini: Roma, 6-7 giugno 1969. Univ. St. Cagliari, pp. 293-315.

Cau G., Cocco D., L'impatto Ambientale dei Sistemi Energetici, SGE Editoriale, 2002.

CESI – Università degli Studi di Genova, Ricerca di sistema per il settore elettrico - Progetto ENERIN – Atlante Eolico dell'Italia, 2002.

CIPE, Deliberazione n. 123 del 19/12/02 "*Revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra (Legge 120/2002)*".

Cocco G., Deriu M., Negretti G.C., Rossetti V., Uras I., 1988. F. 206 Macomer, Carta Geologica d'Italia.

Commissione Europea, "Wind Energy – The Facts", EWEA Report, 2004.

Comunità Europea, 2002. *Valutazione di piani e progetti aventi un'incidenza significativa sui siti della rete Natura 2000*. Temi ambientali Commissione europea.

Comune di Borore. *Piano Urbanistico Comunale - Relazione agronomica*.

Corrias B., 1984. *Le Piante endemiche della Sardegna: 149-150*. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.,

23, pp. 267-278.

Coulon C., Demant A., Bellon A., 1974. *Prémières datations par la méthode K/Ar de quelques laves cénozoïques et quaternaires de la Sardaigne Nord-occidentale*. Tectonophysics, 22, 41-57.

Demant A. e Coulon C., 1973. *Sur la présence de laves à affinités caclo-alcalines en sein du volcanisme alcalin plio-quaternaire de la Sardaigne nord-occidentale*. C. R. Acad. Sc. Paris, 146 (13), 702-704.

Dipartimento di Ingegneria del territorio – Sezione Urbanistica, *La nuova stagione della pianificazione del territorio in Sardegna: il Piano paesaggistico regionale*. Pubblicazione on line, sito www.pianosardegna.it;

Edoardo Zanchini, *Paesaggi del vento*, Meltemi Editore, 2002.

Ente Autonomo del Flumendosa, *Nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna*, 1991.

European Commission, 2007. *Interpretation Manual of European Union Habitats*. European Commission, DG Environment, Nature and Biodiversity.

Farris E., Secchi Z., Filigheddu R., 2007. *Caratterizzazione fitosociologica dell'habitat prioritario 6220* - "Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea": caso di studio della Sardegna settentrionale*. Fitosociologia, 44 (2), suppl. 1, pp. 271-278.

Gianni Silvestrini e Mario Gamberane, 2004. *Eolico: Paesaggio e ambiente*. Ed. Franco Muzzio.

GSE – Gestore dei servizi energetici. *Incentivazione delle fonti rinnovabili*. Bollettino aggiornato al 30 giugno 2009.

Garbari F., Tornadore N., Pecori E., 1973. *Numeri cromosomici per la flora italiana: 151-161*. Inform. Bot. Ital., 5 (2), pp. 161-169.

Geoportale Sito internet ISPRA: <http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/index.html>

La Nuova Sardegna, 2007. *La grande enciclopedia della Sardegna*. A cura di Francesco Floris. Edizione speciale e aggiornata per La Nuova Sardegna, 2, Bonihominis-Cima.

La Nuova Sardegna, 2007. *La grande enciclopedia della Sardegna*. A cura di Francesco Floris. Edizione speciale e aggiornata per La Nuova Sardegna, 5, Grondona-Melas.

Lecca L., Lonis R., Luxoro S., Melis E., Secchi F., Brotzu P., 1997. *Oligo-miocene volcanic sequences and rifting stages in Sardinia: a review*. Period. Min., 7-61, 66.

Manfredi M., 1935. *Le sorgenti di Sardegna*. Ed. SEI, Cagliari.

Ministero per i Beni e le Attività Culturali, 2006. *Linee Guida per l'inserimento paesaggistico degli interventi di trasformazione territoriale – Gli impianti eolici: suggerimenti per la progettazione e la valutazione paesaggistica*, Ed. Gangemi.

Moravetti A., 2000. *Ricerche archeologiche nel Marghine-Planargia*. I, II. Ed. Carlo Delfino.

Mossa L., Bacchetta G., Brullo S., 1998. *Considerazioni tassonomiche sulle querce caducifoglie della Sardegna*. Monti e Boschi, 2, pp. 41-46.

Mossa L., Bacchetta G., Brullo S., 1999. *Quercus ichnusae (Fagaceae), a new species from Sardinia*. Israel Journal of Plant Science, 47, pp. 199-207.

Pallabazer R., 2004. *Sistemi eolici*. Ed. Rubbettino.

Pietracaprina A., 1980. *Atlante iconografico dei suoli della Sardegna*. Ed. Gallizzi, Sassari.

Piga E., Liguori G., 1985. *Il regime delle piogge intense in Sardegna. Raccolta di dati*. Atti della Fac. Ing, Univ. St. Cagliari, 27.

Pinna Mario, 1954. *Il Clima della Sardegna*. Ed. Libreria Goliardica, Pisa.

Protocollo d'Intesa tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio il Ministero delle Attività Produttive il Ministero per i Beni e le Attività Culturali la Conferenza delle Regioni per favorire la diffusione delle centrali eoliche ed il loro corretto inserimento nell'ambiente e nel paesaggio, 2003.

Regione autonoma della Sardegna, Assessorato dell'Agricoltura e Riforma agro-pastorale. *Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 Reg. (CE) N. 1698/2005 - Bando per la selezione dei GAL e dei relativi PSL*. Allegato B: Piano di sviluppo Locale.

Regione Autonoma della Sardegna, 2006. *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico P.A.I. Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter. D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni. Norme di Attuazione*.

Regione Autonoma della Sardegna, Centro Regionale di Programmazione, Laboratorio Territoriale della Provincia di Nuoro, 2006. *Rapporto d'area*.

Regione Autonoma della Sardegna, *Progetto di piano energetico regionale*. Aggiornamento 2002.

Regione Autonoma della Sardegna, settembre 2007. *Piano Forestale Ambientale Regionale. Scheda descrittiva di distretto 09 "Marghine-Goceano"*.

Regione Autonoma della Sardegna, settembre 2007. *Piano Forestale Ambientale Regionale. Scheda descrittiva di distretto 12 "Montiferru"*.

Regione Autonoma della Sardegna, Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici (art. 112 delle NTA del PPR – art. 18 comma 1 della L.R. 29 maggio 2007, n.2), luglio 2007.

Regione Autonoma Sardegna - Assessorato Difesa Ambiente, 2005. *Carta delle vocazioni faunistiche della Sardegna*.

Regione Puglia, 2004 - *Linee guida per la realizzazione di impianti eolici nella Regione Puglia*. Regione Puglia. Assessorato all'Ambiente, Settore Ecologia. Autorità Ambientale. Ufficio Parchi e Riserve Naturali.

Regione Toscana, 2003 - *Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale degli impianti eolici*.

Regione Toscana, Indagine bibliografica sull'impatto dei parchi eolici sull'avifauna - Relazione e bibliografia commentata. Centro Ornitologico Toscano, luglio 2002.

Rivas-Martínez & Rivas-Saenz, 1996-2009. *Worldwide Bioclimatic Classification System*. Phytosociological Research Center, Spain. <http://www.globalbioclimatics.org>.

Sanna A., Cuboni F., 2008. *Architettura in pietra delle Barbagie, dell'Ogliastra, del Nuorese e delle Baronie*. 8, Ed. DEI, Roma.

Selli e Fabbri, 1971. *Tyrrhenian: a Pliocene Deep Sea*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl Sc. Fis. Mat. Nat., 50 (8), 580-592.

Serra A., 1914. *Rocce vulcaniche della Sardegna centro-occidentale*. Rend. Acc. Naz. Lincei,

Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 23, ser. 5, fasc. 5, 176-181.

Serra A., 1914. *Rocce vulcaniche della Sardegna centro-occidentale: Trachi-daciti di Macomer*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 23, ser. 5, fasc. 4, 139-143.

Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna, *Il clima della Sardegna*. Pubblicazione on-line nel sito internet: www.sar.sardegna.it.

Sito internet: Associazione Produttori Energia da fonti Rinnovabili, www.aper.it.

Sito internet: Gestore Servizi Elettrici – GSE, www.gsel.it.

Sito internet: Global Wind Energy Council, www.gwec.net.

Vacca S., Aru A., Baldaccini P., 1994. *Rapporti tra suoli e insediamenti nuragici nella regione del Marghine-Planargia - Sardegna centro-occidentale*. In: Il sistema Uomo-Ambiente tra passato e presente Seminario 3-6/06/1994. CUEBC. Ed. Edipuglia.

Vardabasso S., 1937. *Contributo alla conoscenza del vulcanismo recente in Sardegna*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 26, 14-18.

Vardabasso S., 1951. *Tentativo di sintesi grafica della geologia della Sardegna*. Rend. Acc. Naz. Lincei (Cl. Sc. Dis. Mat. E Nat.), Ser. 8, 11 (6).

Vardabasso S., 1963. *Questioni paleogeografiche relative al Terziario antico in Sardegna*. Mem. Soc. Geol. It., 3, Roma.

WWF Italia, 2007 - *Eolico & Biodiversità - Linee guida per la realizzazione di impianti eolici industriali in Italia*. Redaz.: C. Teofili, S. Petrella, M. Variale. Coord.: F. Bulgarini, F. Ferroni, M. Variale.