REGIONE ABRUZZO	COMUNE DI **CIVITALUPARELLA**	PROVINCIA DI CHIETI

committente

CIVITALUPARELLA WIND SRL
via Gramsci 14 - 00197 Roma

Progetto DEFINITIVO del Parco Eolico Sito in Località "*Colle del Vento*"

A.T.P.

TECNO PROJECT
ENERGIE RINNOVABILI
C.so Ovidio 238 - 67039 Sulmona (AQ)
info: +39.0864.210.043
pasquarelli.armando@alice.it

TieFFestudio
STRUTTURE ARCHITETTURA ENERGIA
PAESAGGIO URBANISTICA AMBIENTE
Loc. Sant'Amico 100 - 66040 Archi (CH)
info: +39.0872.897.401
tieffestudio@hotmail.it

SEA PROJECT S.R.L.
project manager: Arch. E. Serena Sanseviero
P.zza Plebiscito - 66034 Lanciano (CH)
info: +39.0872.44.943
seaproject@alice.it

Iter autorizzativo 387 / 03 con annessa verifica di assoggettabilità a V.I.A.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE

Gruppo di Progettazione

ing. Giuseppe Tarantini
per. ind. Armando Pasquarelli
arch. Serena Sanseviero
arch. Assunta Fagnilli
dott.ssa Christiana Soccini
dott. Francesco Pinchera
dott. Vincenzo Ferri
ing. Roberto Angelone
arch. Davide Stefàno
per. ind. Enzo Staniscia
dott. Mario Pellegrini
geol. Domenico Pellicciotta

TAVOLA

RP1

GIUGNO 2008

IL COMMITTENTE

CIVITALUPARELLA WIND SRL

PROGETTAZIONE

ing. Giuseppe Tarantini — *per. ind. Armando Pasquarelli* — *arch. Serena Sanseviero*

2.11 TEMPI DI COSTRUZIONE 16
2.11 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE 16
3. DESCRIZIONE TECNICA TORRI E GENERATORI EOLICI 17
3.1 GENERALITÀ 17
3.1.1 TORRE DI SOSTEGNO 17
3.1.2 ROTORE E PALE 18
3.1.3 SISTEMA DI TRASMISSIONE 19
3.1.4 IMPIANTO ELETTRICO DEL GENERATORE EOLICO 20
3.1.5 BASAMENTO E INVOLUCRO DELLA NAVICELLA 21
3.1.6 SISTEMA DI IMBARDATA 21
3.1.7 SISTEMA DI CONTROLLO 22
DATI PRINCIPALI DELL'AEROGENERATORE 23
Dati tecnici 23

1. PREMESSA

1.1 L'energia eolica

La radiazione solare, assorbita in modo disuniforme dall'atmosfera terrestre, dà luogo a masse d'aria a differenti temperature e, pertanto, a differenti densità e pressioni. Spostandosi dalle zone ad alta verso quelle a bassa pressione, l'aria in movimento dà origine al vento. Inoltre, come risultato dell'azione di altre forze, si creano delle perturbazioni e, su base locale, fenomeni dovuti alla specifica orografia del terreno. L'energia del vento che è possibile sfruttare con una macchina eolica è direttamente proporzionale alla densità dell'aria, alla superficie dell'area spazzata dalle pale e al cubo della velocità del vento. Si stima che l'energia contenuta nei venti sia pari approssimativamente al 2% del totale dell'energia solare che annualmente raggiunge la terra, il che equivale a quasi due miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio [tep] (200 volte il consumo di tutte le nazioni del pianeta); in pratica, a causa della sua aleatorietà e dispersione, soltanto una parte di questa energia, circa il 5%, può essere vantaggiosamente utilizzata. Ciò spiega perché si guarda all'energia eolica come ad una delle fonti energetiche rinnovabili a maggior potenziale.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori, una volta trasportata dai siti dove sono ubicati i parchi eolici, è pronta per essere consegnata agli utilizzatori finali attraverso la rete di distribuzione. Le società elettriche acquistano i chilowattora eolici dai produttori, potendo così far fronte ai consumi dei propri clienti con un'energia più pulita.

Negli ultimi decenni, a causa dell'incremento del costo dei combustibili fossili e dei problemi ambientali derivanti dal loro massiccio impiego, stiamo assistendo ad una rinascita dell'energia rinnovabile.

Le fonti energetiche rinnovabili sono inesauribili e pulite e consentono un utilizzo molto decentralizzato, dal momento che si possono utilizzare a poca distanza dai siti di produzione. Inoltre, presentano il vantaggio di complementarsi a vicenda.

L'energia eolica, al pari delle altre fonti energetiche rinnovabili, ha trovato legittimità nella legge n.10 del 09/01/91 che all'art. 1 comma 4 così recita: “L'utilizzazione delle fonti di energia di cui al comma 3 (l'energia eolica) è considerata di pubblico interesse e di pubblica utilità e le opere relative sono equiparate alle opere pubbliche dichiarate indifferibili ed urgenti ai fini dell'applicazione delle leggi sulle opere pubbliche”.

Lo Stato italiano con il Decreto 29/12/2003 N. 387 ha dato attuazione alla Direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'energia.

La società ha intenzione di realizzare nel comune di Avetrana un impianto per la produzione di energia da fonte eolica, costituito da 22 aerogeneratori della potenza unitaria di 3,0 MW per complessivi 66 MW. L'energia elettrica prodotta dai generatori verrà convogliata, attraverso una rete a 20 kV, realizzata con cavidotto interrato, ad una sottostazione 20/150 kW sita nel territorio comunale di Avetrana e poi immessa sulla rete a 150 kV del Gestore Della Rete.

I rapporti tra Società Italiana Gas Liquidi S.p.A ed il Comune di Brindisi saranno regolati da un'apposita convenzione secondo uno schema già proposto dalla Società al Comune che si è riservato di esaminarlo.

1.2 Funzionamento di un parco eolico

Gli aerogeneratori o turbine eoliche producono energia elettrica utilizzando la forza naturale del vento per mantenere in rotazione un generatore elettrico.
Gli aerogeneratori sono costituiti da un rotore le cui pale ruotano intorno a un asse orizzontale; questo è unito a un giunto di trasmissione meccanica o moltiplicatore di giri che, a sua volta, è collegato a un generatore elettrico; entrambi sono ubicati nella navicella collocata in cima alla torre.
I principali componenti di un generatore eolico sono:

- Il rotore (costituito da 3 pale), che può funzionare a velocità costante o variabile
- Le pale, realizzate in fibra di vetro e rinforzate in poliestere o in resina epossidica
- Il controllo di potenza automatico in funzione della velocità del vento, con bloccaggio alle alte velocità (sicurezza meccanica); il controllo si realizza andando ad agire sull'angolo di inclinazione delle pale (pitch) o sulla loro aerodinamica (stall)
- Il moltiplicatore di giri (in alcuni casi, si ricorre alla trasmissione diretta asse-generatore elettrico)
- Il sistema di orientamento automatico secondo la direzione di provenienza del vento, basato su sensori di monitoraggio
- La torre tubolare in acciaio (di colore grigio chiaro)

La potenza degli aerogeneratori varia tra alcune centinaia di kilowatt e alcuni megawatt, essendo il diametro della turbina il parametro fondamentale: ad una maggior lunghezza delle pale, corrisponde una maggiore area spazzata dal rotore e dunque una maggiore energia prodotta.
L'energia prodotta da un aerogeneratore varia dunque in funzione del potenziale eolico specifico di ciascun sito (col cubo della velocità del vento), del fattore di disponibilità della stessa macchina (capacità di operare in presenza del vento: tipicamente maggiore del 98%) e della disposizione delle macchine nel parco eolico (per effetto dell'interferenza tra le macchine).

1.3 Benefici

L'energia eolica presenta grandi vantaggi sotto il profilo ambientale rispetto alle fonti di energia convenzionali.
I benefici ambientali dell'eolico possono essere valutati analizzando gli impatti che non si producono e che vanno invece ascritti ad altre fonti energetiche:

- Non vi sono grandi movimenti di terreno, né di alterazione delle falde acquifere, né di contaminazione da particolato, né di accumulo di residui radioattivi, né di produzione di

agenti chimici aggressivi, di contaminanti acidi o di gas tossici

- Non si brucia alcun combustibile, non si dà luogo ad emissioni di gas climalteranti in atmosfera, non si causa inquinamento termico e non si producono rifiuti che potrebbero dare origine a incendi
- Non sono necessarie grandi quantità di energia e di acqua, non sono richiesti grandi trasporti ricorrenti, non esistono rischi di esplosione, né di inquinamento dell'ambiente marino e dell'atmosfera
- Non si ricorre alla fissione di combustibile, il che equivale ad azzerare il rischio di incidenti nucleari.

Inoltre, grazie alla diffusione dell'energia eolica e al fiorire del relativo indotto, si creano numerosi posti di lavoro.

In definitiva, pur essendo quella eolica un'energia ecologica, non va dimenticato che tutti i processi di trasformazione dell'energia, incluso l'eolico, comportano un impatto ambientale. Pertanto, la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico richiedono l'implementazione di un processo continuo di verifiche e di controlli ambientali nonché di specifici programmi di monitoraggio.

2. OGGETTO DELLO STUDIO

2.1 Generalità sul sito

Il sito individuato e ritenuto idoneo alla realizzazione di un parco eolico, ricade all'interno del comune di Civitaluparella (CH) in località Colle del Vento.

In particolare, così come più dettagliatamente riportato sulle tavole allegate, l'area si estende a circa 2 Km a est del centro abitato di Civitaluparella.

Il sito è prevalentemente adibito ad attività agricola in grado quindi di coesistere con la presenza di turbine eoliche. A tal proposito si fa rilevare che l'utilizzo di turbine eoliche di grande taglia determina una occupazione del suolo, lasciando inalterata la destinazione d'uso attuale.

L'installazione di turbine eoliche (di potenza pari a 2,0 MW) è ritenuta possibile grazie alle caratteristiche di accessibilità riscontrate in sito ed alla conformazione orografica del terreno. I dati previsionali di potenziale eolico disponibili per il sito permettono peraltro, con l'utilizzo di tali aerogeneratori, un'occupazione del terreno ottimale in rapporto alla produzione energetica ottenibile.

2.2 Aspetti orografici e geomorfologici

Da un punto di vista orografico il sito presenta un andamento regolare con altitudine compresa tra i 870 m s.l.m. e i 990 m s.l.m. La viabilità consente il raggiungimento delle zone interessate con facilità.

2.3 Accessibilità

Il sito è agevolmente accessibile da Est attraverso la S.S. n. 613

2.4 Vincoli e/o disposizioni legislative

Il sito ricade interamente al di fuori dei vincoli che definiscono le aree escluse dallo sfruttamento della risorsa eolica ed in particolare lo stesso sito non ricade all'interno delle zone delimitate come pSIC, ZPS, Zone Umide, Natura 2000 mentre ricade in zona IBA; gli altri vincoli e le altre criticità ambientali sono analizzate nello screening ambientale allegato al progetto. È opportuno notare che l'area individuata per l'installazione della sottostazione di connessione alla rete elettrica AT ricade nel comune di Villa Santa Maria (CH).

Oltre a quanto già evidenziato non risultano inoltre essere in atto per l'area interessata dalle installazioni ulteriori vincoli di tipo urbanistico e paesaggistico.

Il Piano Regolatore Generale comunale classifica l'area come area agricola E, pertanto, ai sensi del D.Lgs. 387/2003, per l'esecuzione di quanto in progetto non risulta necessaria alcuna variante dello strumento urbanistico in quanto come previsto dall'art. 12 comma 7 del D.Lgs. 387/2003 gli impianti di produzione di energia possono essere ubicati anche in zona agricola.

2.5 L'impianto eolico

Sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, si ritiene che nell'area di interesse individuata per la realizzazione dell'impianto eolico possano essere posizionati n. 12 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 2000 kW, per una potenza nominale complessiva di impianto pari a 24 MW.

In realtà, la potenzialità del sito ad ospitare aerogeneratori sarebbe anche maggiore. Nell'ambito del presente progetto, non è tuttavia ritenuto obiettivo primario l'installazione della massima potenza nominale, bensì il rispetto delle normali procedure di installazione degli stessi ponendo particolare attenzione all'ambiente e secondi i criteri di ottimizzazione del rendimento complessivo del parco.

Per rendimento complessivo del parco si vuole intendere sì la sua producibilità in termini energetici, ma anche e soprattutto la sua integrazione nell'ambiente circostante, il rispetto di esigenze e vincoli che insistono sul territorio, la valorizzazione di tutte le risorse del bacino interessato dal parco che siano coinvolgibili nella realizzazione del progetto per una maggiore soddisfazione ed apprezzabilità dell'opera.

Il completo rispetto delle direttive regionali è già un'ottima garanzia di sostenibilità del progetto oltre alle possibili dichiarazioni di intenti che possono essere prese congiuntamente con le locali amministrazioni ai vari livelli.

Il lay-out del parco eolico, con l'ubicazione degli aerogeneratori, il percorso dei cavidotti, il posizionamento dell'area per la realizzazione della sottostazione elettrica, è stato progettato in accordo con le Linee Guida per la realizzazione di impianti eolici della Regione Puglia. Il progetto è stato dunque ideato secondo i seguenti criteri:

- scelta di aerogeneratori di grande taglia per minimizzare l'occupazione del suolo a parità di produzione energetica.

- Utilizzo di torri ubicate con l'inserimento all'interno della torre del trasformatore BT/MT.
- Ottimizzazione dei percorsi dei cavidotti interrati delle linee MT, posizionandoli ove possibile lungo la viabilità esistente.
- Ubicazione di una sottostazione all'interno del parco collegata alla sottostazione di connessione con linea interrata di AT a 150 kV.
- Ubicazione del punto di connessione (sottostazione) in corrispondenza di una linea AT a 150kV.
- Torri, navicelle e pali realizzati con colori che si inseriscono armonicamente nell'ambiente circostante, fatte salve altre tonalità derivanti da disposizioni di sicurezza.

La scelta delle turbine è stata effettuata sostanzialmente seguendo il criterio di massimizzazione della taglia della singola turbina per ottenere nel sito il miglior rapporto energia elettrica prodotta/terreno occupato.
In conseguenza delle analisi effettuate, si può pertanto ad oggi prevedere un lay-out costituito da:

- n. 12 aerogeneratori di potenza nominale unitaria pari a 2000 kW, altezza mozzo fino a 80 m, diametro rotore pari a 90 m;
- n. 12 cabine elettriche di macchina collocate all'interno degli stessi aerogeneratori e dunque non visibili dall'esterno;
- n. 1 cabina elettrica di impianto MT/AT per raccolta, trasformazione collegata alla sottostazione di connessione tramite linea di AT a 150 kV;
- n. 1 cabina elettrica di impianto AT per convogliamento verso la rete elettrica nazionale dell'energia prodotta dagli aerogeneratori, con relativi locali “misura”, “produttore” e “gestore rete”;
- n. 12 anemometri installati sugli stessi aerogeneratori necessari per il corretto monitoraggio dell'impianto in fase di esercizio;
- viabilità interna di impianto, la cui nuova realizzazione sarà ridotta al minimo prevedendo per quanto possibile l'utilizzo della viabilità esistente, eventualmente risistemata;
- cavidotti interni di impianto che saranno interrati ad una profondità minima di 0,60 m.

Oltre all'installazione dei macchinari (aerogeneratori), per la realizzazione dell'impianto sono anche da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- Opere civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la posa in opera della cabina prefabbricata di impianto, la realizzazione delle cabina di trasformazione e consegna AT, nonché la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito per la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto.
- Opere elettromeccaniche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori, le apparecchiature elettromeccaniche, l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati e della rete di

terra, nonché la realizzazione del sistema di monitoraggio e controllo della centrale e dei singoli aerogeneratori.

Le caratteristiche dell'impianto e la sua disposizione (lay-out) in rapporto al territorio, così come previsto dal presente progetto, sono meglio descritti nei disegni allegati.

2.6 Opere civili

2.6.1 Fondazione aerogeneratore

Per ogni aerogeneratore è necessaria una fondazione in conglomerato cementizio armato, che serve a garantire l'equilibrio al ribaltamento ed ha inoltre la funzione di trasferire al piano di sedime tutti i carichi generati essenzialmente dall'azione del vento. Tale trasferimento dei carichi al terreno deve avvenire in modo che il livello tensionale indotto sul piano di posa sia inferiore a quello ammissibile del terreno riscontrato, e che i cedimenti differenziali siano inferiori ai valori limite.

Nella tavola grafica allegata è riportato uno schema tipo di fondazione in funzione delle attuali conoscenze delle caratteristiche del terreno. Le successive indagini geologiche e geotecniche potranno determinare in fase di calcolo, insieme a copia della presente documentazione, verranno depositati a norma di legge dopo il rilascio dell'Autorizzazione Unica.

2.6.2 Cabine elettriche BT/MT e MT/MT

Il modello di aerogeneratore scelto presenta il punto di trasformazione elettrica da BT a MT all'interno della torre il che permette un'occupazione del terreno limitata alla sola fondazione dell'aerogeneratore e alla piazzola di cantiere senza l'utilizzo di opere murarie per la cabina di trasformazione BT/MT a terra.

2.6.3 Connessione alla rete elettrica nazionale

Come da indicazione di TERNA, gli aerogeneratori saranno collegati alla rete elettrica nazionale di Alta Tensione, gestita da ENEL S.p.a., mediante apparecchiature elettriche da installare nella nell'area adiacente alla C.P. esistente collocata a 3 km a est del Parco in oggetto. Al fine di minimizzare ogni tipo di impatto ambientale, il progetto prevede l'interramento di tutte le linee elettriche di convogliamento dell'energia prodotta dal parco eolico al punto di connessione, per i tratti dove risulta compatibile tale scelta con l'aspetto orografico del territorio, e per alcuni tratti in linea aerea secondo tracciati indicati negli elaborati grafici.

2.6.4 Area per sottostazione elettrica AT

Ai fini del corretto dimensionamento della sottostazione elettrica per la connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale, si riportano di seguito i requisiti fondamentali che saranno considerati:

- dimensioni dell'area di sottostazione descritti in progetto, salvo diverse richieste di ENEL;
- recinzione di tutta l'area con separazione tra l'area utente e l'area di pertinenza ENEL,

mediante opportuni laterizi;

- gli accessi all'area ENEL e utente saranno realizzati direttamente da strada aperta al pubblico tramite cancello pedonale affiancato ad un altro cancello per il passaggio degli automezzi;
- le strade di accesso saranno asfaltate;
- sarà prevista, all'interno dell'area, la realizzazione di un prefabbricato per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche di misura.

2.6.5 Viabilità

Per il collegamento tra i vari aerogeneratori è prevista la realizzazione di strade di larghezza pari a 4 m, da raccordare con la viabilità esistente. La viabilità di accesso alle macchine sarà funzionante sia nella fase di cantierizzazione delle opere previste che nella successiva fase di esercizio dell'impianto. Tali vie saranno realizzate con sovrastruttura in misto stabilizzato compattato con rullo da 18 t senza asfaltatura, secondo le sezioni tipo riportate negli elaborati grafici allegati.

2.6.6 Cavo di potenza e di segnalazione

I cavi di potenza e segnalazione sono posati in trincee separate su letto di sabbia vagliata, ricoperti da cappelle protettive. Il rinterro della trincea deve essere effettuato con l'utilizzo della terra, vagliata, proveniente dagli scavi. È prevista la posa di un nastro segnalatore, ad opportuna profondità.

I cavidotti interrati sono previsti preferibilmente a ridosso della viabilità preesistente e a quella di collegamento tra gli aeorgeneratori senza realizzare attraversamenti specifici in siti quali sentieri naturali e boschi in genere. I collegamenti avvengono pertanto utilizzando prevalentemente canalizzazioni sotto le banchine delle strade.

I cavi di potenza saranno interrati ad una profondità minima di m 0,60, ed inglobati in uno strato di sabbia di 60 cm di spessore: insieme al cavo di comunicazione e a quello equipotenziale essi costeggiano le banchine delle strade esistenti e quelle a farsi. I cavi saranno protetti da tegolo e sovrastante materiale arido.

Nella trincea scavata al di sopra dei cavi conduttori, separato da uno spesso strato di sabbia, corre il cavo di comunicazione che trasmette tutti i dati sulla operatività delle macchine ad un computer centrale che provvede alla stampa e all'invio, via radio, ad un'unità centrale di controllo ove gli operatori vigilano sul buon funzionamento dell'intero impianto.

2.6.7 Piazzole aerogeneratori

In fase di realizzazione dell'impianto sarà necessario l'approntamento in prossimità delle fondazioni di aree (piazzole) dedicate al posizionamento delle gru ed al montaggio degli aerogeneratori. La realizzazione delle piazzole deve essere eseguita mediante uno spianamento dell'area circostante l'aerogeneratore per una superficie di circa 21 m x 35 m; nella stessa area si deve predisporre una superficie di 40 m x 16 m con sovrastruttura in misto stabilizzato compattato e rullato al fine di

evitare cedimenti del terreno durante la fase di installazione, per il posizionamento delle gru necessarie per il montaggio degli aerogeneratori. Al termine dei lavori tali aree saranno ripristinate allo stato vegetale originario.

2.7 Progetto elettrico

Nel seguito sono descritti i criteri operativi adottati per la progettazione elettrica di massima dell'impianto eolico.

La filosofia generale di progettazione, una volta individuate le caratteristiche del complesso prevede la seguente articolazione:

- individuazione dei riferimenti normativi in relazione alle caratteristiche del complesso e dei lavori da eseguire;
- individuazione e descrizione, in relazione allo stato dei luoghi, degli interventi da realizzare;
- redazione di elaborati grafici;
- dimensionamenti (da realizzare in fase esecutiva):
    a) delle linee elettriche;
    b) dei quadri elettrici;
    c) delle canalizzazioni;
    d) dell'impianto di terra.

2.7.1 Descrizione generale

La centrale eolica è costituita da aerogeneratori con potenza unitaria di 2000 kW a tensione generazione di 1000 V.

La generazione asincrona di ogni turbina eolica alimenta un trasformatore innalzatore 1000/20000 V e degli ausiliari per il controllo e la protezione del sistema. Il trasformatore BT/MT con la relativa quadristica di media tensione fa parte dell'aerogeneratore ed è interamente installato all'interno dell'aerogeneratore stesso, a base torre.

Per appoggiare l'energia prodotta da ogni aerogeneratore alla rete elettrica nazionale si prevede di realizzare una linea elettrica in media tensione che colleghi l'impianto con la cabina di consegna MT/AT, come da lay-out elettrico allegato.

Si intende realizzare tali collegamenti con elettrodotti interrati ad una profondità minima di 1,20 m che, per le loro caratteristiche in relazione a quelle del terreno interessato, rappresentano una soluzione ottimale per minimizzare l'impatto ambientale e paesaggistico. Sempre nell'ottica della minimizzazione dell'impatto ambientale, per la realizzazione dei cavidotti si seguiranno percorsi preferenziali su strade esistenti.

Con linea interrata in cavo a 20 kV trifase senza neutro, anch'essa interrata come le linee in MT all'interno dell'impianto, si fornisce energia alla cabina di consegna innalzando la tensione da 20 kV a 150 kV.

L'energia prodotta dalla centrale eolica verrà fornita alla rete elettrica nazionale mediante la realizzazione di una cabina di trasformazione e di consegna MT/AT, attraverso una connessione entra-esci autorizzata dal Gestore Della Rete.

2.7.2 Riferimenti normativi

In particolare per gli aspetti generali degli impianti si è tenuto conto della Legge n. 186 del 1 Marzo del 1968 e delle seguenti Norme in materia dell'attualmente in vigore:

- D.M. 16/05/87 n. 246 e successivi aggiornamenti e/o chiarimenti;
- D.P.R. 12/01/98 n. 37;
- Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica-linee in cavo;
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori e tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.;
- D.P.R. 547 del 27/04/55: Norme per la prevenzione infortuni negli impianti elettrici e successivi adeguamenti;
- Legge 46/90.

in definitiva dall'esame coordinato delle Norme CEI e dalla Legge 46/90 è stata delineata la filosofia progettuale più idonea per l'impianto elettrico in questione.

2.7.3 Scelte progettuali

Si è scelta la soluzione di una alimentazione mista. Alla sottostazione arrivano le linee provenienti dai 4+4+4 aerogeneratori.

2.8 Descrizione dell'impianto

L'impianto eolico è costituito da un gruppo di 12 aerogeneratori da 2000 kW di potenza nominale unitaria, disposti sul territorio in modo da meglio sfruttare la risorsa eolica del sito; gli aerogeneratori sono connessi fra loro elettricamente attraverso un cavidotto interrato. All'impianto eolico è associata una cabina-stazione di consegna che , a sua volta è connessa alla rete elettrica nazionale.

2.8.1 Aerogeneratore

Per l'impianto in questione si utilizzeranno aerogeneratori di grande taglia, macchine a controllo di passo, con rotore tripla pala e diametro di 100 m.

La generatrice asincrona è da 2000 kW di potenza, tensione 1000 V e frequenza 50 Hz.

Alla base delle torri saranno presenti delle cabine di trasformazione BT/MT che trasformano la tensione da 1000 V a 20000 V; essendo trasformatori e quadri collocati all'interno della torre, sono considerati come facenti parte integrante dell'aerogeneratore e dunque inclusi nella fornitura degli

stessi, sotto la completa responsabilità del fornitore di macchina, permettendo inoltre un'occupazione del terreno limitata alla sola fondazione dell'aerogeneratore e alla piazzola di cantiere senza l'utilizzo di opere murarie per la cabina di trasformazione BT/MT a terra.

2.8.2 Impianto di terra

Tutti gli aerogeneratori, le cabine, le strutture metalliche, ivi comprese le armature delle fondazioni, verranno messe a terra tramite anello realizzato con corda di rame da 50 mm2 avente conduttori elementari di sezione non inferiore a 1,8 mm2, e con dispersori a picchetto indicativamente di lunghezza 4 m e diametro 14 mm. Tutte le dimensioni saranno definite in dettaglio in fase di progettazione esecutiva. Il collegamento di terra delle masse ai dispersori avverrà tramite dei collettori generali di terra cui fanno capo i conduttori di protezione. L'impianto di terra della cabina MT/AT sarà realizzato con rete magliata e con tutte le prescrizioni atte ad eliminare la presenza di tensioni di passo e di contatto pericolose. L'impianto sarà realizzato secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 11-1.

2.8.3 Cavidotti

La distribuzione dell'energia dagli aerogeneratori alla centrale MT/AT sarà realizzata in cavidotti interrati, con un collegamento in tripla terna fino alla sottostazione interna al parco e con un'unica terna in AT a 150 kV tra la sottostazione e quella di connessione alla rete elettrica nazionale.
Il trasporto dell'energia in MT avviene a mezzo di cavi in tubo interrato secondo quanto descritto dalla modalità N della Norma CEI 11-17. in corrispondenza degli eventuali attraversamenti stradali, lo strato di sabbia viene chiuso in superficie, a contatto con il manto stradale, da un getto di calcestruzzo magro di altezza 30 cm. Oltre al suddetto cavidotto verrà posizionata nello scavo un'ulteriore linea di segnale entro apposita tubazione in PVC ed una corda di rame nuda. La sezione dei cavi di ciascun tronco è indicata nello schema unifilare ed è tale da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione delle turbine (2000 kW) e con una caduta di tensione massima del 4%. La portata dei cavi è riferita a cavi interrati, con protezione meccanica supplementare lastra piana (M1) secondo la norma CEI 20-17 con temperatura ambiente di 30°C con profondità di 1,2 m e resistività termica del terreno di 1,5°C m/W. È stato previsto un interramento superiore a quanto previsto dalla norma per la posa M1, per garantire una maggiore protezione meccanica dei cavi. Per la realizzazione del tratto di linea a MT aerea (vedi allegati grafici) verranno posizionati 4 pali poligonali di sostegno ad un cavo ecologico aereo, che attraverseranno una fascia a bosco di roverella. L'utilizzazione del cavo ecologico aereo, ovvero di una terna coperta da materiale isolante ed avvolta a treccia, consente di evitare qualsiasi interferenza con la chioma della vegetazione, ovvero di evitare la necessità di provvedere a tagli boschivi per mantenere le distanze di sicurezza. Inoltre i pali poligonali utilizzati una adeguata minimizzazione dell'ingombro.

CONNESSIONI IN CAVIDOTTI

		ID PARTENZA	ID ARRIVO	in scavo su strada di nuova realizzazione	in scavo su strada esistente da rettificare	in scavo su terreni	linea aerea
linea 1	primo tratto	1	2	334,07 m			
	secondo tratto				232,21 m		
	primo tratto	2	3		125,63 m		
	secondo tratto			274,31 m			
	primo tratto	3	4	244,47 m			
	secondo tratto					105,1 m	
	tratto unico	4	cabina	503,3 m			
	tratto unico	5	cabina	213,55 m			
linea 2	primo tratto	12	10	361,01 m			
	secondo tratto					353,74 m	
	tratto unico	10	9	285,33 m			
	tratto unico	9	8	306,3 m			
	primo tratto	8	cabina	85,97 m			
	secondo tratto				911,27 m		
	terzo tratto					218,25 m	
	quarto tratto				556,59 m		
	quarto tratto			274,92 m			
linea 3	primo tratto	11	7			229,75 m	
	secondo tratto				128,46 m		
	terzo tratto					97,37 m	
	quarto tratto			70,46 m			
	tratto unico	7	6	294,34 m			
	tratto unico	6	cabina	186,25 m			
				3295,28 m	**1954,16**	**1004,21**	**0**

2.8.4 Sottostazione MT/AT

La sottostazione di MT/AT sarà ubicata nel punto indicato negli elaborati grafici di progetto.

La sottostazione MT/AT sarà suddivisa in due parti: una dell'utente e l'altra del gestore della rete.

Il lay-out generale della cabina è riportato negli elaborati grafici allegati, mentre di seguito si riporta il computo indicativo dei vari tratti di linea elettrica.

2.9 Dimensioni

2.9.1 Superfici

Le strutture necessarie alla produzione di energia eolica occupano soltanto una piccola parte del territorio interessato, la cui quantificazione resta pertanto di non semplice definizione.

Gli aerogeneratori sono distribuiti sul territorio rispettando le distanze reciproche minime al fine di evitare interferenze aerodinamiche tra loro; per le macchine di cui è previsto l'utilizzo, ed in conseguenza delle caratteristiche del vento nella zona di installazione, si è fissata una distanza

minima tra un aerogeneratore ed il successivo pari a 270 m.
Sull'asse longitudinale alla direzione prevalente del vento invece, onde evitare perdite consistenti di produzione a causa dell'effetto scia e problemi di affaticamento degli aerogeneratori a valle per via della turbolenza di scia, tale distanza minima è pari a 400 m.
Come si potrà vedere dal lay-out, per il progetto in questione sono state mantenute distanze fra gli aerogeneratori generalmente superiori ai suddetti valori minimi che sarebbero comunque tecnicamente sufficienti ad evitare problemi, con l'obiettivo di non generare un eccessivo addensamento di macchine in un'area ristretta e dunque di minimizzare l'impatto visivo.

Le opere civili connesse al parco eolico occupano le seguenti aree:

VIABILITA'

ID STRADA	TRATTO	DA RETTIFICARE	DI NUOVA COSTRUZIONE	TOTALE
CDV 1	AB	1295,55 m		1295,55 m
CDV 2	AB		273,56 m	273,56 m
CDV 3	AB		320,12 m	320,12 m
CDV 4	AB BC	618,89 m	 148,75 m	 767,64 m
CDV 5	AB		653,86 m	653,86 m
CDV 6	AB BC	528,93 m	 164,61 m	 693,54 m
CDV 7	AB BC	72,6 m	 1273,75 m	 1346,35 m
		2515,97 m	**2834,65 m**	**5350,62 m**

- piazzole (num. 12): 8.820 m²
- tracciati di progetto: 2834,65 m
- tracciati da rettificare 2515,97 m
- sottostazione MT/AT: 4.800 m² (esterna all'area del parco eolico)

Se si considera, come da cartografia allegata, che l'area complessivamente interessata dal progetto è dell'ordine di circa 151 ha, di tale area le superfici effettivamente impegnate durante la costruzione (piazzole e strade), rappresentano circa il 0,01 %.

In fase di esercizio buona parte di tali superfici viene restituita agli usi ai quali essa era precedentemente adibita consentendo di continuare l'utilizzazione per altri impieghi come l'agricoltura e la pastorizia senza alcuna controindicazione. L'impegno effettivo è pertanto limitato alle sole basi delle torri ed alle stradelle non asfaltate (peraltro di utilizzo non esclusivo) di collegamento. La superficie a terra complessivamente occupata sarà perciò a regime dell'ordine di 2 ha, cioè pari a circa 0,01 % dell'area interessata dal parco eolico, e le attività agricole e zootecniche potranno continuare senza problemi nel rimanente 99,9 % dell'area di interesse.
Rispetto all'estensione totale del territorio comunale, l'area occupata dalle attività eoliche a regime risulterà praticamente irrilevante.

2.10 Scavi e riporti

Ai fini di una corretta quantificazione degli scavi e dei riporti in fase di progettazione delle strade e delle piazzole, dei cavidotti e della sottostazione si è proceduto a rilievi topografici in situ e utilizzo di carte topografiche a bassa scala con elaborazione dei dati con appositi e specifici software (winroad STS). Qui di seguito si riporta una tabella con i dati salienti:

A) SCAVI E RIPORTI PER CONNESSIONI STRADALI	**SCAVI**	**RIPORTI**	**+/-**
	MC	MC	MC
CONNESSIONE STRADALE CDV1	1183	973	210
CONNESSIONE STRADALE CDV2	133	775	-642
CONNESSIONE STRADALE CDV3	154	1993	-1839
CONNESSIONE STRADALE CDV4	420	294	126
CONNESSIONE STRADALE CDV5	317	252	65
CONNESSIONE STRADALE CDV6	505	399	106
CONNESSIONE STRADALE CDV7	1016	1005	11
A) TOTALE PER CONNESSIONI STRADALI	**3728**	**5691**	**-1963**
B) SCAVI E RIPORTI PER PIAZZOLE AG+ CABINA DI SMISTAMENTO			
PT 1	582	508	74
PT 2	526	175	351
PT 3	334	336	-2
PT 4	264	265	-1
PT 5	241	0	241
PT 6	515	0	515
PT 7	513	25	488
PT 8	264	36	228
PT 9	561	458	103
PT 10	98	241	-143
PT 11	278	268	10

PT 12	545	48	497
CABINA DI SMISTAMENTO	167	30	137
B) TOTALE PER CONNESSIONI STRADALI+CABINA DI SMISTAMENTO	**4888**	**2390**	**1698**
C) CAVIDOTTI INTERRATI	**734**	**0**	
TOTALE GENERALE (A+B+C)			**+469**

Il materiale eccedente sarà sparso in loco previo:

- accordi con i proprietari o conduttori dei fondi agricoli viciniori,
- apposito nulla osta della DELL'ISPETTORATO DIPARTIMENTALE DELLE FORESTE

ove ciò fosse inattuabile l'impresa si assumerà l'onere dei trasporto alla pubblica discarica.

2.11 Tempi di costruzione

Per quanto riguarda i tempi di costruzione la prassi in merito alla valutazione degli effetti ambientali di qualunque iniziativa prevede che si tenga conto sia della fase di esercizio che di quella di realizzazione. Se la prima discende sostanzialmente dalla vita tecnica degli impianti, pari ad almeno 20 anni come ampiamente dimostrato dagli impianti di prima generazione ancora funzionanti, la seconda è spesso funzione dell'organizzazione del cantiere e dell'efficacia della pianificazione e del coordinamento del progetto. È infatti possibile procedere nelle diverse fasi realizzative (vie di accesso, cavidotti, fondazioni, installazione turbine, ampliamento sottostazione) in successione ed in modo continuativo, gestendo in parallelo le diverse attività.
Quest'ultimo approccio, che è anche economicamente il più conveniente, può consentire sensibili riduzioni nei tempi di realizzazione della centrale.
Per impianti eolici delle dimensioni pari a quelle del parco oggetto del presente studio, l'ultimazione dei lavori di costruzione rispetterà i tempi dettati a norma di legge.

2.11 Organizzazione del cantiere

Si premette che le aree interessate dall'impianto eolico saranno oggetto di studi ed indagini geologico-geotecniche con conseguente analisi di stabilità globale dei pendii sia nella situazione ex ante che in quella ex post agli interventi di costruzione.
Nell'allestimento e nella gestione dell'impianto di cantiere, l'Appaltatore provvederà al rispetto di quanto disposto dalla Normativa Nazionale, regionale e da eventuali Regolamenti Comunali in materia di sicurezza ed ambiente.
L'Appaltatore provvederà alla realizzazione, manutenzione e rimozione dell'impianto di cantiere e di tutte le eventuali opere provvisionali quali ad esempio ponteggi, slarghi, adattamenti, piste, ecc.

le opere da realizzare consistono essenzialmente nelle seguenti fasi:

1. realizzazione della nuova viabilità prevista nel progetto esecutivo per il raggiungimento e collegamento delle aree previste per le piazzole degli aerogeneratori con piste di transito di larghezza di 4 m, e opere minori ad essa collegate;
2. formazione delle piazzole per l'alloggiamento degli aerogeneratori e delle relative opere di contenimento e sostegno;
3. realizzazione delle fondazioni in calcestruzzo armato degli aerogeneratori;
4. realizzazione delle opere minori di regimazione idraulica superficiale quali canalette in terra, cunette, trincee drenanti, ecc;
5. realizzazione di opere varie di sistemazione ambientale;
6. realizzazione dei cavidotti interrati interni all'impianto.

Le attrezzature di cantiere e gli automezzi impiegati per i lavori di movimento terra e posa di cavi saranno rispondenti alle caratteristiche richieste dalla legislazione vigente; a tal fine saranno accompagnati dalla documentazione atta a dimostrarne tale rispondenza e certificarne la conformità.
Si prevede la posa contemporanea di containers di cantiere per il tempo strettamente necessario alla realizzazione delle opere di impianto.
I materiali di risulta dovranno essere riutilizzati, per quanto possibile, nell'ambito del cantiere per formazione di rilevati, di riempimenti o altro; il rimanente materiale di risulta prodotto dal cantiere e non utilizzato sarà trasportato a discarica autorizzata individuata nelle vicinanze delle aree di interesse.
Si può quindi affermare che la fase di costruzione della centrale eolica non produrrà alcun impatto poiché le aree di cantiere verranno ripristinate come “ante operam” anche operando, ove necessario e richiesto, interventi di inerbimento e ripiantumazione con essenze autoctone.

3. DESCRIZIONE TECNICA TORRI E GENERATORI EOLICI

3.1 Generalità

Ciascuna torre eolica sarà essenzialmente costituta da:

- la torre di sostegno propriamente detta;
- il rotore a tre pale;
- la navicella con la turbina e tutti gli organi meccanici di trasmissione;

3.1.1 Torre di sostegno

L’aerogeneratore tipo “Westas V90” da 2000 kW presenta una torre di sostegno di tipo tubolare avrà una struttura in acciaio ed un’altezza di 100 m, il colore della struttura sarà chiaro (RAL 9018), avrà una forma tronco-conica e sarà costituita da quattro tronconi.
I quattro tronconi saranno realizzati in officina quindi trasportati e montati in cantiere.
Alla base della torre ci sarà una porta che permetterà l’accesso ad una scala montata all’interno,

dotata ovviamente di opportuni sistemi di protezione (parapetti). Per ogni troncone è prevista una piattaforma di riposo. E' previsto inoltre un sistema di illuminazione di emergenza interno.
La torre sarà protetta contro la corrosione da un sistema di verniciatura multistrato. In conformità alla norma ISO 12944-5 sarà assicurata una classe di protezione alla corrosione C4 "alta (durata certificata per un periodo superiore a 15 anni)".
Tutte le saldature saranno controllate con sistemi ad ultrasuoni o a raggi X.
Allo scopo di ridurre al minimo la necessità di raggiungere la navicella tramite le scale il sistema di controllo del convertitore e di comando dell'aerogeneratore saranno sistemati in quadri montati su una piattaforma separata alla base della torre.
L'energia elettrica prodotta viene trasmessa alla base della torre tramite cavi installati su una passerella verticale ed opportunamente schermati.
Per la trasmissione dei segnali di controllo alla navicella saranno installati cavi a fibre ottiche.

3.1.2 Rotore e pale

Il rotore avrà una velocità di rotazione variabile di 13.4 rpm. Combinato con un sistema di regolazione del passo delle pale, fornisce la migliore resa possibile adattandosi nel contempo alla specifiche della rete elettrica (accoppiamento con generatore) e minimizzando le emissioni acustiche.
Le pale avranno una lunghezza di 45 m, pertanto poiché il rotore e installato in cima alla torre ad un'altezza di 80 m, il massimo sviluppo verticale del sistema torre- pale sarà di 135 m.
Le pale, a profilo alare, sono ottimizzate per operare a velocità variabile e saranno protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato. Saranno verniciate con colore Reichold 8091 (leggermente più scuro del RAL 7035).
L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto è il mozzo. I cuscinetti delle pale sono imbullonati direttamente sul mozzo, che sostiene anche le flange per gli attuatori di passo e le corrispondenti unità di controllo. Il gruppo mozzo è schermato secondo il principio della gabbia di Faraday, in modo da fornire la protezione ottimale ai componenti elettronici installati al suo interno.
Il mozzo sarà realizzato in ghisa fusa a forma combinata di stella e sfera, in modo tale da ottenere un flusso di carico ottimale con un peso dei componenti ridotto e con dimensioni esterne contenute. La costruzione in ghisa sferoidale GGG 40.3 combina elevata resistenza meccanica e duttilità.
Durante il funzionamento sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico.
Con bassa velocità del vento e a carico parziale il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. La bassa velocità del rotore alle basse velocità è piacevole e mantiene bassi i livelli di emissione acustica.
A potenza nominale ed ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante. Le raffiche di vento fanno

accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente alla rete energia ad alto livello di compatibilità.
Le pale sono collegate al mozzo mediante cuscinetti a doppia corona di rulli a quattro contatti ed il passo è regolato autonomamente per ogni pala. Gli attuatori del passo, che ruotano con le pale, sono motori a corrente continua ed agiscono sulla dentatura interna dei cuscinetti a quattro contatti tramite un ingranaggio epicicloidale a bassa velocità. Per sincronizzare le regolazioni delle singole pale viene utilizzato un controller sincrono molto rapido e preciso.
Per mantenere operativi gli attuatori del passo in caso di guasti alla rete o all'aerogeneratore ogni pala del rotore ha un proprio set di batterie che ruotano con la pala. Gli attuatori del passo, il carica batteria ed il sistema di controllo sono posizionati nel mozzo del rotore in modo da essere completamente schermati e quindi protetti in modo ottimale contro gli agenti atmosferici o i fulmini.
Oltre a controllare lo potenza in uscita il controllo del passo serve da sistema di sicurezza primario. Durante la normale azione di frenaggio i bordi d'attacco delle pale vengono ruotati in direzione del vento. Il meccanismo di controllo del passo agisce in modo indipendente su ogni pala. Pertanto nel caso in cui l'attuatore del passo dovesse venire a mancare su due pale, la terza può ancora riportare il rotore sotto controllo ad una velocità di rotazione sicura nel giro di pochi secondi. In tal modo si ha un sistema di sicurezza a tripla ridondanza.
Quando l'aerogeneratore è in posizione di parcheggio le pale del rotore vengono messe a bandiera. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre. Tale posizione, viene pertanto attuata in condizioni climatiche di bufera.

3.1.3 Sistema di trasmissione

Il posizionamento delle strutture portanti è un'applicazione del principio del cono inclinato, permette un trasferimento ottimale dei carichi del rotore alla torre con una disposizione ottimale dei carichi di tutti i componenti.
Il sistema di trasmissione poggia su tre punti situati immediatamente al di sopra della flangia superiore della torre. L'inclinazione dell'asse e del cono del rotore consente di mantenere una distanza estremamente ridotta tra il piano del rotore e l'asse della torre, riducendo in tal modo il peso del 'naso' dell'aerogeneratore ed evitando in tal modo l'esigenza di ricorrere a materiali dotati di particolari caratteristiche meccaniche.
I carichi vengono trasferiti dall'albero del rotore al basamento mediante tre punti di supporto. Il cuscinetto a rulli oscillanti dal lato rotore è montato direttamente sul basamento come cuscinetto fisso. Il cuscinetto mobile è integrato nella scatola di ingranaggi e collegato all'albero di trasmissione mediante un disco calettato a caldo. I carichi sui supporti che agiscono sulla scatola degli ingranaggi vengono trasferiti al basamento attraverso sospensioni elastiche in gomma.
Il cuscinetto a rulli oscillanti dal lato rotore è sostenuto in una sede adattata appositamente che

integra anche il dispositivo di blocco del rotore, il quale permette di fissare il rotore con bulloni durante i lavori di manutenzione. La sede del cuscinetto è realizzata in ghisa sferoidale GGG 40.3. Il cuscinetto oscillante a rulli è lubrificato con grasso e protetto dagli agenti esterni da efficaci tenute a labirinto e V-rings.
L'albero del rotore è un componente forgiato, in particolare su di esso è forgiata una flangia in acciaio inossidabile 30CrNiMo8. L'estremità dell'albero dal lato rotore è inserita direttamente nell'ingranaggio epicicloidale e fissata alla scatola ingranaggi con disco calettato a caldo.
La scatola ingranaggi è a tre stadi con una ruota epicicloidale e due ruote dentate cilindriche. La dentatura delle ruote è ottimizzata per l'efficienza e la riduzione delle emissioni acustiche. Negli elementi di sospensione al basamento sono integrate delle bussole elastiche. La sospensione elastica della scatola ingranaggi permette di avere sia un supporto mobile che una grande efficacia di disaccoppiamento della scatola ingranaggi dal basamento riducendo la rumorosità e le vibrazioni. Di particolare qualità il materiale delle bussole elastiche per garantire una lunga durata.
Nell'accoppiamento elastico della scatola ingranaggi al generatore è stato integrato un freno a disco con due pinze ad alta resistenza termica in caso di frenata di emergenza.
L'accoppiamento compensa ogni spostamento tra la scatola ingranaggi ed il generatore causato dalla sospensione elastica della scatola stessa. Inoltre l'accoppiamento dispone di una frizione di sicurezza che protegge la scatola ingranaggi prevedendo il trasferimento di momenti torcenti nell'eventualità di un corto circuito al generatore.
Il freno a disco meccanico funge da sistema di sicurezza addizionale. Esso viene attivato solo nel caso di grave malfunzionamento, quale un guasto ai sistemi di sicurezza primari (i meccanismi di regolazione delle pale), e quindi crea un quarto livello di sicurezza in aggiunta ai tre sistemi indipendenti di regolazione del passo. Anche il freno a disco è progettato a prova di guasto. Esso viene attivato da molle e azionato idraulicamente.

3.1.4 Impianto elettrico del generatore eolico

L'impianto elettrico è un componente fondamentale per un rendimento ottimale ed una fornitura alla rete di energia di prima qualità. Il generatore asincrono a doppio avvolgimento consente il funzionamento a velocità variabile con limitazione della potenza da inviare al circuito del convertitore, ed in tal modo garantisce le condizioni di maggior efficienza dell'aerogeneratore.
Con vento debole la bassa velocità di inserimento va a tutto vantaggio dell'efficienza, riduce l'emissioni acustiche, migliora le caratteristiche di fornitura alla rete. Il generatore a velocità variabile livella le fluttuazioni di potenza in condizioni di carico parziale ed offre un livellamento quasi totale in condizioni di potenza nominale.
Ciò porta a condizioni di funzionamento più regolari dell'aerogeneratore e riduce nettamente i carichi dinamici strutturali. Le raffiche di vento sono "immagazzinate" dall'accelerazione del rotore e sono convogliate graduatamente alla rete. La tensione e la frequenza fornite alla rete restano

assolutamente costanti. Inoltre il sistema di controllo del convertitore può venire adattato ad una grande varietà di condizioni di rete e può persino servire reti deboli.
Il generatore è completamente incapsulato ed ha una classe di protezione IP54. Il calore in eccesso viene disperso nell'atmosfera mediante uno scambiatore aria-aria che fa uso di canali fonoassorbenti.
Il convertitore è controllato attraverso circuiti di elettronica di potenza da un microprocessore a modulazione di ampiezza d'impulso. La fornitura di corrente è quasi completamente priva di flicker, la gestione regolabile della potenza reattiva, la bassa distorsione, ed il minimo contenuto di armoniche definiscono una fornitura di energia eolica di alta qualità. La bassa potenza di cortocircuito permette una migliore utilizzazione della capacità di rete disponibile è può evitare costosi interventi di potenziamento della rete.

3.1.5 Basamento e involucro della navicella

La sospensione su tre punti del gruppo di trasmissione con un cuscinetto centrale del rotore e due supporti elastici a sostegno della scatola ingranaggi, nella sua configurazione a cono inclinato (brevettata) permette di ottenere una costruzione leggera, molto compatta del basamento che seppure in acciaio saldato, ha tuttavia un alto grado di rigidità. L'alta impedenza del basamento rigido apporta un efficace disaccoppiamento dei rumori originati dalla scatola di ingranaggi. Tutti i componenti sono assemblati modularmene sul basamento. Ciò consente l'utilizzo di una gru di dimensioni ridotte per l'assemblaggio in sito e semplifica i successivi lavori di manutenzione e riparazione.
L'involucro della navicella combina le compatte dimensioni esterne (che consentono di trasportare l'aerogeneratore su strada con l'involucro chiuso nonostante le dimensioni) con un design piacevole ed elegante. L'ogiva è grande a sufficienza per consentire di accedere direttamente dalla navicella ai sistemi di controllo del passo situati all'interno del mozzo per eseguire la manutenzione. Per l'assorbimento acustico l'intera navicella è rivestita di materiale fonoassorbente.

3.1.6 Sistema di imbardata

L'aerogeneratore è dotato di due banderuole riscaldate a controllo incrociato per l'esatta corrispondenza dei segnali. Esse forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento. L'esatto allineamento del rotore alla direzione del vento è un requisito essenziale per ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo.
Il basamento è collegato alla torre per mezzo di una ralla a quattro contatti con dentatura esterna. L'imbardata della navicella è ottenuta per mezzo di quattro motoriduttori. Tra un movimento di imbardata e l'altro la navicella viene ancorata per mezzo di dieci pinze (freno d'imbardata) in modo da evitare che l'anello di imbardata sia soggetto a momenti d'imbardata esterni. Durante il movimento la pressione del freno viene solo ridotta per evitare l'inversione di direzione della dentatura durante

l'imbardata e quindi proteggerla.
I freni di imbardatura ricevono la necessaria pressione da una centralina oleodinamica così come il freno di sicurezza del sistema di trasmissione. Per garantire la sicurezza del funzionamento in ogni condizione, l'impianto idraulico è dotato di diversi accumulatori che garantiscono la necessaria pressione dei freni anche nel caso in cui venisse a mancare l'alimentazione.

3.1.7 Sistema di controllo

Tutto il funzionamento dell'aerogeneratore è controllato da un sistema a microprocessori che attua un'architettura multiprocessore in tempo reale. Tale sistema è collegato a un gran numero di sensori medianti cavi a fibre ottiche. In tal modo si garantisce la più alta rapidità di trasferimento del segnale e la maggior sicurezza contro le correnti vaganti o i colpi di fulmine. Il computer installato nell'impianto definisce i valori di velocità del rotore e del passo delle pale e funge quindi anche da sistema di supervisione dell'unità di controllo distribuite dell'impianto elettrico e del meccanismo di controllo del passo alloggiato nel mozzo.
La tensione di rete, la fase, la frequenza, la velocità del rotore e del generatore, varie temperature, livelli di vibrazione, la pressione dell'olio, l'usura delle pastiglie dei freni, l'avvolgimento dei cavi, nonché le condizioni meteorologiche vengono monitorate continuamente. Le funzioni più critiche e sensibili ai guasti vengono monitorate con ridondanza. In caso di emergenza si può far scattare un rapido arresto mediante un circuito cablato in emergenza, persino in assenza del computer e dell'alimentazione esterna.
Tutti i dati possono essere monitorati a distanza da un PC collegato mediante una linea telefonica, in modo che l'operatore e il personale della manutenzione possano ricevere in qualsiasi momento informazioni complete sullo stato dell'aerogeneratore. Sono previsti vari livelli, protetti da password, che permettono persino il telecomando dell'aerogeneratore sulla base di appropriati privilegi di accesso.

DATI PRINCIPALI DELL'AEROGENERATORE

Dati tecnici

Rotore

Diametro	90 metri
Velocità di rotazione	13,4 tr/min
Numero di pale	3
Area spazzata	6362 m2
Intervallo operativo	8.6 -18.4 rpm
Regolazione di potenza	Passo/OptiSpeed®
Freno aerodinamico:	Tre cilindri di passo separati

Torre (in acciaio)

Altezza mozzo	80 m

Moltiplicatore di giri

Tipo	Epiciciloidale/assi paralleli

Generatore

Tipo	Asincrono con OptiSpeed®
Potenza nominale	3 kW
Dati operativi	50 Hz 1000 V

Controllo

Tipo	Regolazione ed ottimizzazione della potenza in rete mediante i sistemi OptiSpeed® e di regolazione

Dati operativi

Velocità vento di avvio	4 m/s
Velocità vento nominale (2750 kW)	15 m/s
Velocità vento di arresto	25 m/s

Peso (IEC IA/IEC IIA)

Altezza mozzo	80 m
Torre	235 t
Navicella	70 t
Rotore	44 t
Totale	324 t