



KiteGen Research

Generazione Eolica d'Altitudine

Dossier informativo

Premessa

Le prospettive concrete dell'energia pulita con il KiteGen e le altre fonti rinnovabili

di Massimo Ippolito

18 NOVEMBRE 2007

Un anello di 20 km di diametro, molto simile ad un viadotto ferroviario esteso come il raccordo anulare di Roma, ma realizzato in mezzo al mare, uno dei luoghi ideali sarebbe il Banco Avventura al largo di Trapani, nel canale di Sicilia.

Questo anello è la base, o come si dice tecnicamente, lo statore, sul quale ruota il generatore KiteGen, l'eolico di alta quota o eolico troposferico.

Dei leggeri profili alari volano automaticamente e in formazione fino a 10 km di altezza e vincolati con delle funi al rotore forniscono la forza per mettere in rotazione la grande macchina che provvede alla conversione elettrica.

La potenza elettrica producibile dall'impianto è sufficiente per alimentare con un unico impianto la rete elettrica di tutta l'Italia, oltre 60 GWe, anche in giornate non particolarmente ventose.

Può sembrare un inizio poco cauto, ma mi ricordo che in un seminario per imprenditori si ammoniva che si deve saper andare oltre la sfera della nostra visione standard almeno con l'immaginazione. Altrimenti non ci può essere innovazione.

Cosa dice la visione non standard che da un quinquennio muove con una certa dose di comprensibile riservatezza le menti di organizzazioni pubbliche e private, università italiane ed europee con decine di tesi di laurea e dipartimenti impegnati a confermare gli assunti di base?

1) Esiste ed è di entità senza paragoni il giacimento energetico rappresentato dal vento di alta quota intercettabile da una simile macchina.

L'atmosfera funge da immenso collettore solare: disponibile, non ha bisogno di manutenzione ed è già dispiegato gratuitamente su tutta la superficie terrestre, ci fornisce un tipo di energia nobile, quella meccanica, che facilmente e senza perdite significative è convertibile in energia elettrica. A differenza delle attuali torri eoliche che appena, scalfiscono questo giacimento, il KiteGen sfrutta pienamente l'energia che fluisce copiosamente in buona parte della sovrastante troposfera.

2) Si possono concepire impianti intelligenti, economici e soprattutto scalabili, perché basati su un concetto modulare, che raggiungano e sfruttino tale giacimento.

La scalabilità del KiteGen non è di tipo strutturale, il concetto prevede una moltiplicazione dei singoli moduli che producono energia sullo stesso percorso circolare, la difficoltà tecnologica al crescere della potenza è analoga a quella che passa tra la tecnologia di una singola automobile e una lunga fila di automobili. Sarebbe come se si potessero installare decine di migliaia di aerogeneratori convenzionali (torri eoliche) nello stesso sito, per le torri non è fattibile poiché per mantenere una certa efficienza è necessario rispettare una distanza predeterminata, per i moduli del KiteGen questo limite viene superato, ogni modulo va a intercettare porzioni di vento non sfruttate nella grande superficie di fronte vento di pertinenza della macchina.

Mettere all'opera macchine simili non è la soddisfazione di veder funzionare una grande opera tecnologica alla portata di mano della competenza della nostra società industriale, ma è una precisa

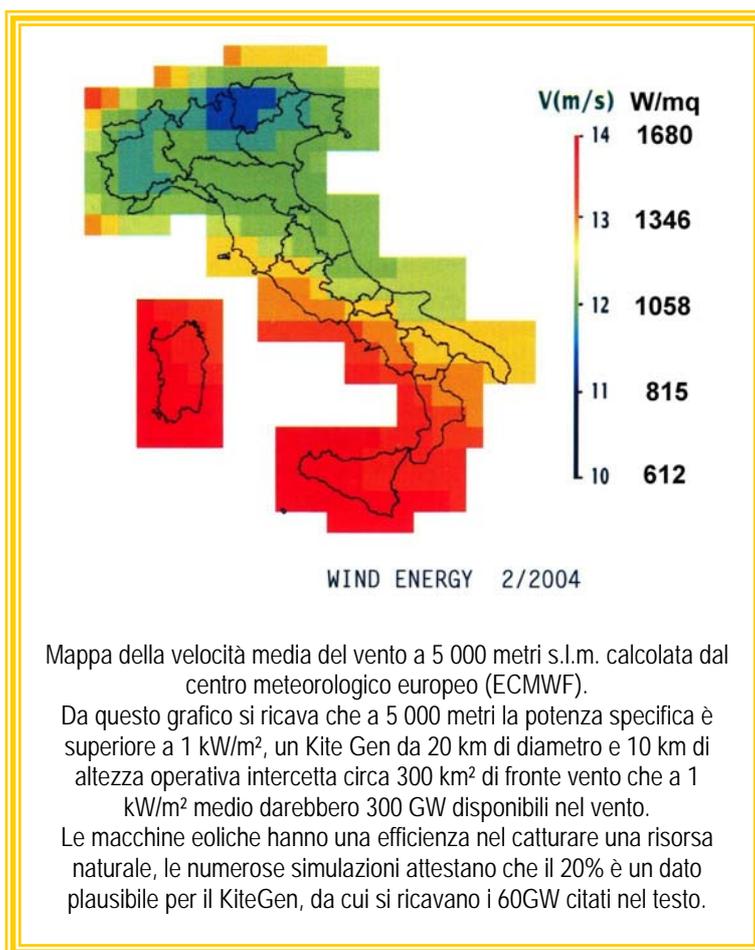
e ineluttabile necessità. Nel 2025 l'Europa a 25 avrà un deficit elettrico pari alla metà dei consumi previsti, ed altrettanta energia elettrica verrà richiesta dai paesi mediterranei; un fabbisogno enorme che solo una fonte pulita, rinnovabile e di ampio potenziale energetico come l'eolico troposferico potrebbe sostenere.

Con la tecnologia KiteGen è molto facile pensare, e non solo sognare, che il *mix* energetico potrà a breve essere composto da più di metà *baseload* proveniente dall'eolico troposferico e il resto, a copertura del picco ricorrente di domanda diurno, dal solare fotovoltaico, l'idroelettrico e il geotermico, quindi esclusivamente e al 100% energie rinnovabili senza emissioni inquinanti o climalteranti.

Per ora non sappiamo se le valutazioni di opportunità porteranno in futuro a concepire KiteGen da 60 GW della portata e delle dimensioni descritte in apertura.

Una cosa è abbastanza certa: un costo dell'energia prodotta al di sotto dei 3 centesimi di Euro al kWh, ampiamente più basso di quanto ottenibile con le migliori centrali elettriche turbogas a ciclo combinato, è raggiungibile già con impianti di potenza 100 MW, per i quali è sufficiente un anello di 1 km di diametro.

Questo documento prosegue quindi con un obiettivo molto concreto e a portata di mano, la realizzazione in tempi serrati di macchine KiteGen di "piccola" taglia, benché di potenza inedita per il rinnovabile.



1 – Visione

Come invertire rapidamente l'attuale rapporto fra l'energia prodotta da fonti rinnovabili e quella da fonti non rinnovabili è l'imperativo sull'agenda dei leader, delle nazioni e delle imprese in tutto il mondo.

La visione di KiteGen è implementare e mettere sul mercato un concetto completamente nuovo di centrale elettrica, adatto a quasi ogni territorio, per la **produzione da fonte rinnovabile di elettricità a costi inferiori a quelli ottenuti con i combustibili fossili**, in diretta competizione con le odierne installazioni convenzionali, a carbone, a gas o nucleare, della classe del GigaWatt.

La fonte energetica, attualmente non sfruttata e disponibile ovunque, è il vento in quota, raggiunto tramite batterie di grandi profili alari di potenza in volo a una altezza di 800 / 1 000 metri, i cui movimenti sono controllati elettronicamente via sensori e software proprietario.

I profili alari sono ancorati ad una struttura a livello suolo, che viene trascinato ruotando lungo un asse verticale e nella quale avviene la generazione di energia.

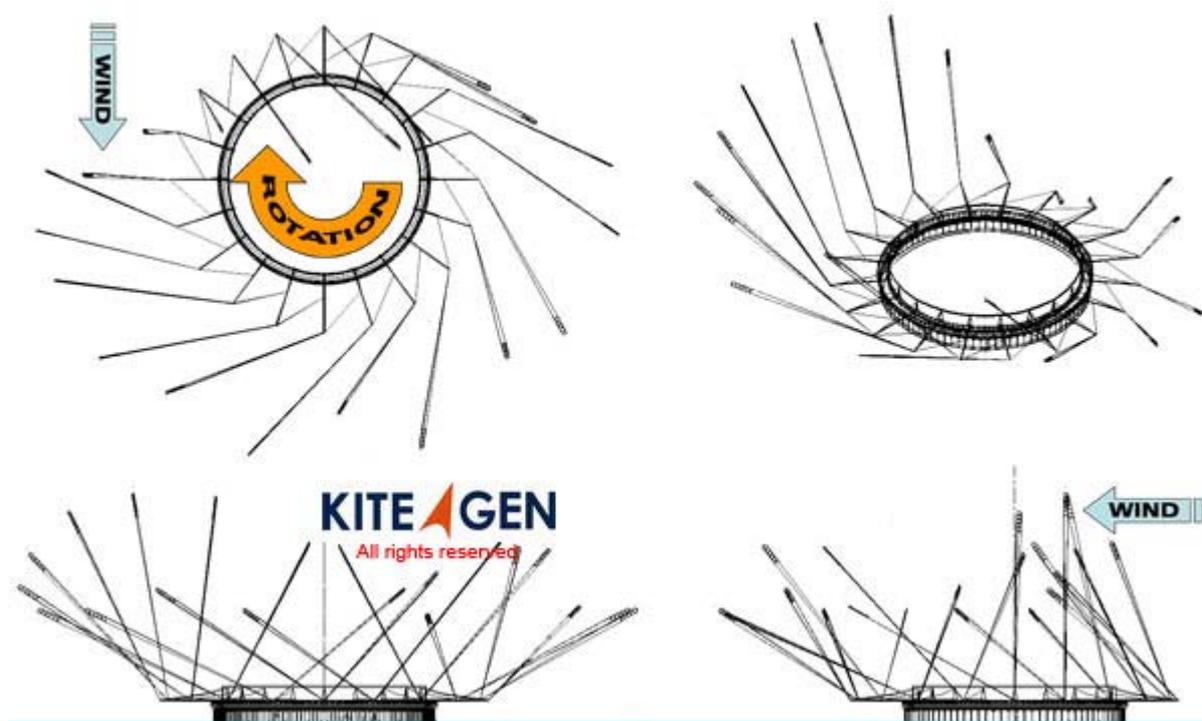


Illustrazione #1: Disegno d'artista fuori scala (ridotta l'altezza dei profili alari e aumentato il diametro dei cavi)

2 - Società

KiteGen Research Srl è una società fondata nel 2007; possiede 12 brevetti.

Fondatori:

- ❖ **Massimo IPPOLITO**: autore del concetto originale ed esperto in meccatronica.
- ❖ **Mario MILANESE**: professore ordinario al Politecnico di Torino.
- ❖ **Franco TADDEI**: professore di ingegneria meccanica, CEO di centro studi industriale.

3 – Finanziamenti

Le PMI dei fondatori, prima quindi della nascita di KiteGen Research, hanno ottenuto l'ammissione ai seguenti finanziamenti:

- ❖ **Regione Piemonte**: Bando regionale 2005 sulla ricerca scientifica applicata, cofinanziamento erogato pari a €120.000,00.
- ❖ **Ministero dello Sviluppo Economico**: Bando FIT Energia 2005, ammessi (classificato 3 su 122 in graduatoria) per un costo totale previsto di €4.999.000,00 e agevolazione massima concedibile (finanziamento agevolato e contributo): 3.999.200,00. In iter per l'erogazione.
- ❖ **Ministero dello Sviluppo Economico**: Bando FIT Digitale 2005, ammessi in priorità B per un costo totale previsto di €11.573.000,00. In attesa dei provvedimenti attuativi.
- ❖ **EU-FP7-SST-2007-RTD-1 Call** co-funding admitted for the total amount of € 3.000,000,00. Funding process not yet completed but already negotiated.

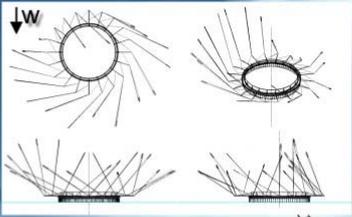
Sono state inoltre presentate:

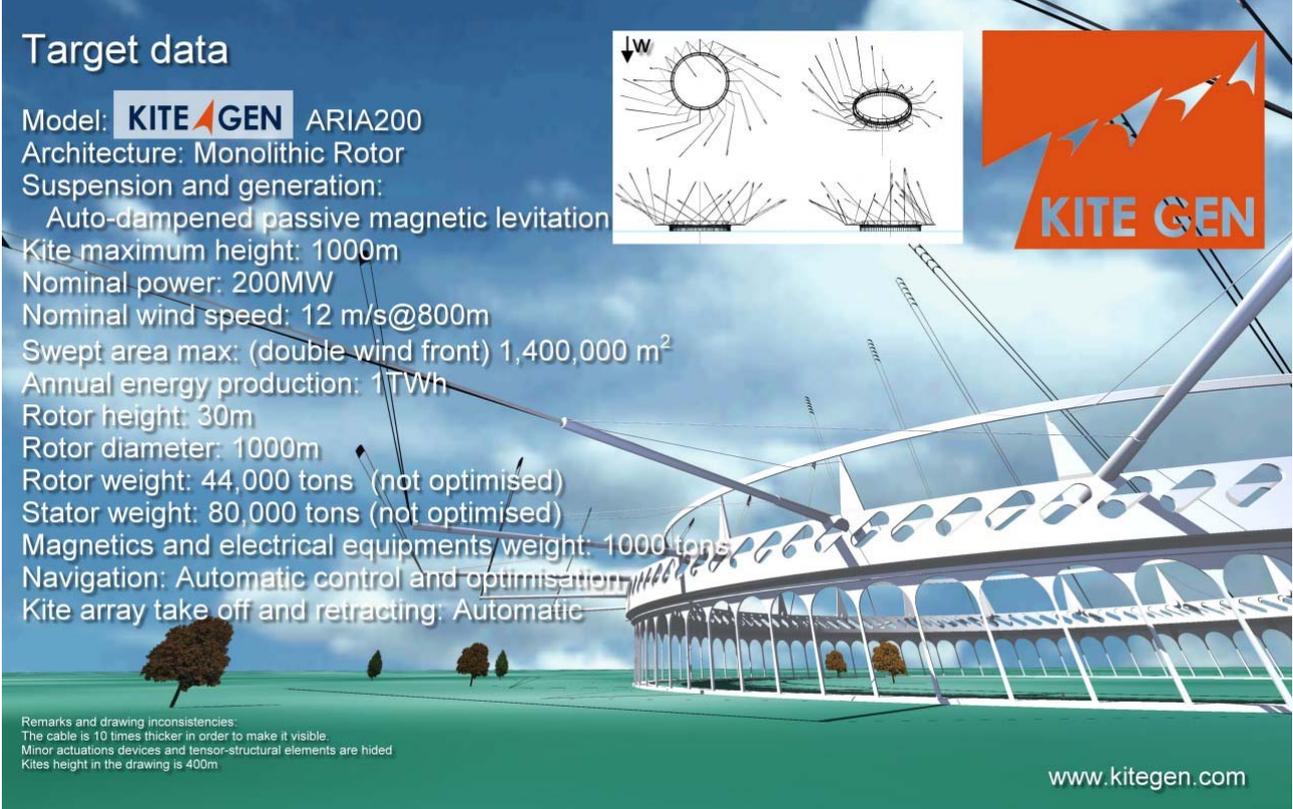
- ❖ **Regione Puglia**: domanda di finanziamento in partenariato con università di Bari pari a € 5.000.000,00.
- ❖ **Ministero dello Sviluppo Economico**: idea progettuale per il Progetto Industria 2015 – Efficienza energetica, in partenariato con 2 università e 2 grandi imprese.

Target data

Model: **KITE GEN** ARIA200
 Architecture: Monolithic Rotor
 Suspension and generation:
 Auto-dampened passive magnetic levitation

Kite maximum height: 1000m
 Nominal power: 200MW
 Nominal wind speed: 12 m/s@800m
 Swept area max: (double wind front) 1,400,000 m²
 Annual energy production: 1TWh
 Rotor height: 30m
 Rotor diameter: 1000m
 Rotor weight: 44,000 tons (not optimised)
 Stator weight: 80,000 tons (not optimised)
 Magnetics and electrical equipments weight: 1000 tons
 Navigation: Automatic control and optimisation
 Kite array take off and retracting: Automatic





Remarks and drawing inconsistencies:
 The cable is 10 times thicker in order to make it visible.
 Minor actuators devices and tensor-structural elements are hidden
 Kites height in the drawing is 400m

www.kitegen.com

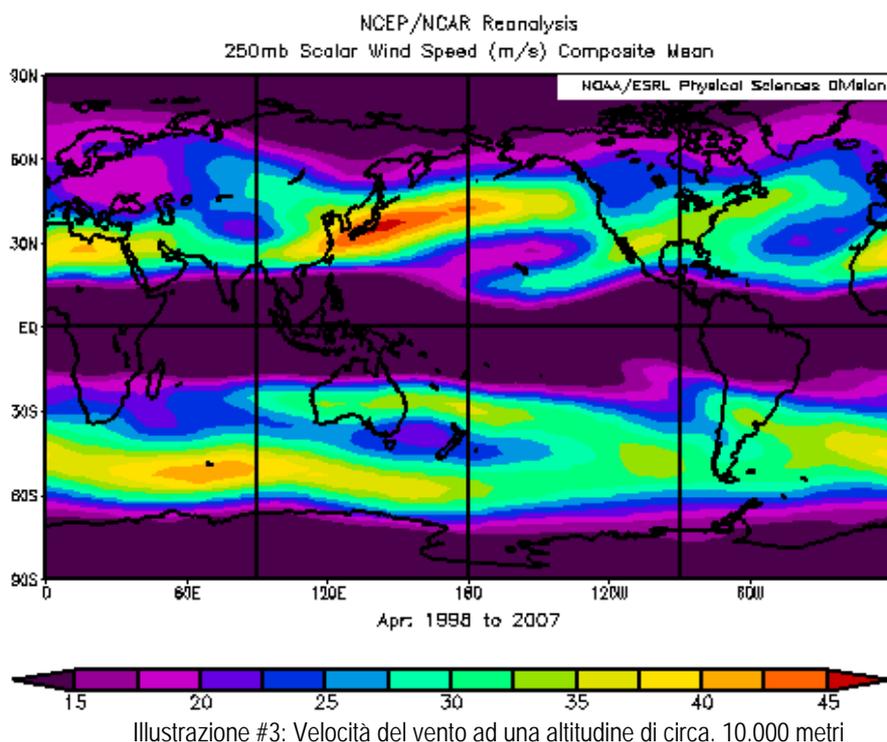
Illustrazione #2: Disegno d'artista fuori scala (ridotta l'altezza dei profili alari e aumentato il diametro dei cavi)

4 - Il Power Kite Wind Generator

L'energia del vento

Il vento è calore del Sole trasformato in energia cinetica attraverso il più grande collettore solare a nostra disposizione, l'atmosfera della Terra. La potenza totale del vento è stimata fra 1.700 e 3.500 TeraWatt; in paragone, l'intero fabbisogno primario di energia umano è stimato a circa 14 TW.

Due nastri di vento circondano completamente la Terra, con la massima potenza specifica disponibile ad una altitudine di circa 10.000 m (250 millibar).



Muovendo verso il suolo, la velocità del vento e la sua energia decrescono: le masse d'aria restituiscono calore diffuse per frizione fra di loro e con la superficie terrestre.

A 80 m, l'altezza dei rotori rappresentativa della ultima generazione di torri eoliche, la velocità media del vento è stimata a 4,6 m/s, non sufficiente per lo sfruttamento industriale; a 10 m, è 3,3 m/s.

Ma abbandonare il suolo e raggiungere il vento in quota è già molto vantaggioso a 800 m, dove la velocità media del vento è stimata a 7,2 m/s. La potenza specifica risultante è quasi 4 volte quella a disposizione delle torri eoliche e così anche per la disponibilità annuale.

Altezza dal suolo	Velocità del vento	Potenza specifica del vento
800 m	7,2 m/s	205 W/m ²
80 m	4,6 m/s	58 W/m ²
10 m	3,3 m/s	22 W/m ²

Farlo ridurrebbe anche il problema di localizzare le centrali elettriche: in media, 800 m sopra la propria verticale, ogni punto della superficie terrestre ha energia sufficiente da sfruttare. Non è così per le torri eoliche, la cui bassa altezza operativa necessita di una più accurata e severa selezione dei siti favorevoli.

Ma il vento in quota rimane fuori dalla portata delle attuali e future torri eoliche, che già raggiungono più di 100 m: sopra una certa altezza la struttura che sostiene i rotori diventa esponenzialmente più pesante, instabile (vedi Illustrazione #4 sotto) e soprattutto costosa.



Illustrazione #4: Torre eolica crollata

Il cambio di prospettiva KiteGen

Per raggiungere e sfruttare il vento in quota, KiteGen offre un radicale cambio di prospettiva: non più macchine pesanti e statiche, ma leggere dinamiche e intelligenti.

In aria, a sottrarre energia dal vento, profili alari di potenza, grandi ali semi-rigide ad alta efficienza aerodinamica, pilotate automaticamente. A terra, tutti i macchinari pesanti per la produzione di energia. A connettere i due sistemi, cavi ad alta resistenza che trasmettono la trazione dei profili alari e allo stesso tempo ne controllano direzione e angolo al vento.



Illustrazione #5: Prototipo KSU1 di unità di manovra KiteGen con una profilo alare standard da kitesurf

Il cervello del progetto è il software che pilota automaticamente i profili alari ricevendo dati radio dai sensori avionici montati a bordo, in maniera che le traiettorie di volo possano essere controllate e normalmente dirette a massimizzare la produzione di energia.

Mentre i profili alari volano, a un altezza di 800 / 1 000 metri dal suolo, l'asse verticale rotante della struttura attiva grandi alternatori, disposti in maniera distribuita per ricevere la forza su di loro esercitata. A regime il volo dell'intero insieme di profili alari è guidato in maniera da far ruotare il "carosello" alla velocità desiderata.

Questa configurazione porta con sé due significativi ulteriori vantaggi. Il primo è che il fronte vento intercettato (l'area delimitata da linee rosse nell'Illustrazione #6), equivalente all'energia disponibile, è centinaia di volte più grande (circa 150 volte in questo confronto fra un torre eolica di ultima generazione e un impianto KiteGen con un diametro del "carosello" di 800 m).

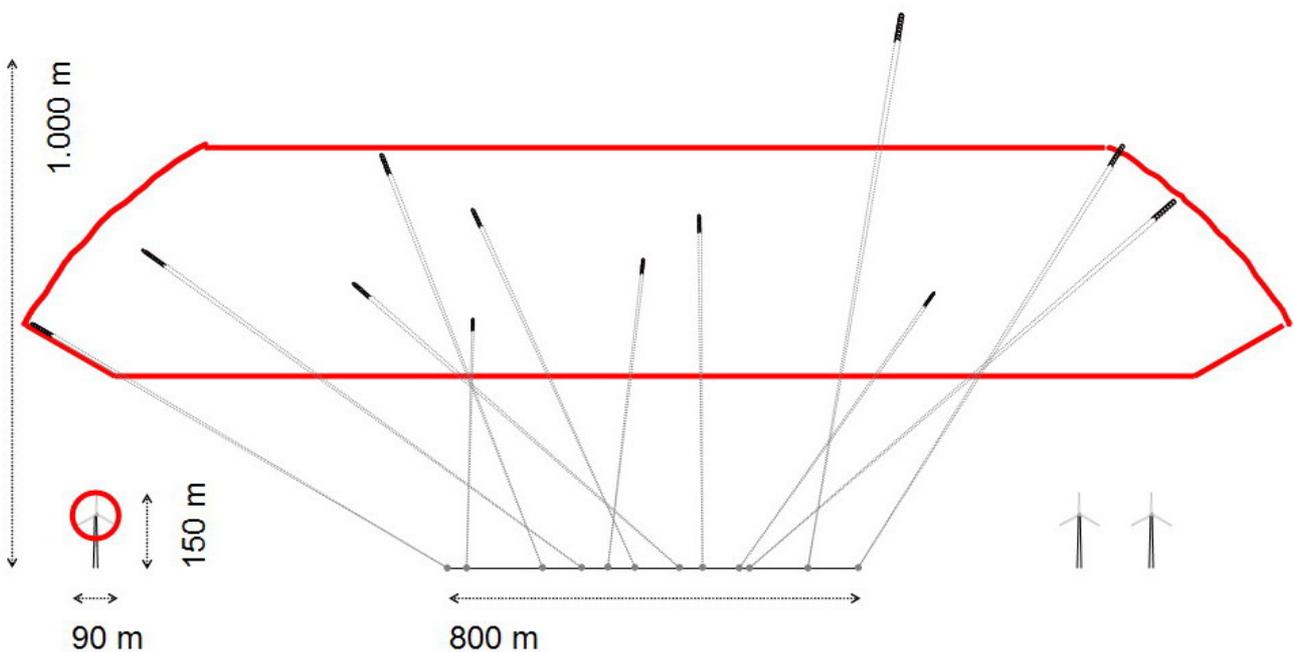


Illustrazione #6: Fronte vento intercettato

Il secondo è dato dalla maggiore efficienza delle ali, poiché l'intero profilo alare vola a velocità di 70 - 80 m/s, raggiunte nelle torri eoliche solo all'estremità delle pale. Un impianto KiteGen è in sostanza composto solo da ali e generatore, quest'ultimo convenientemente posizionato al suolo.

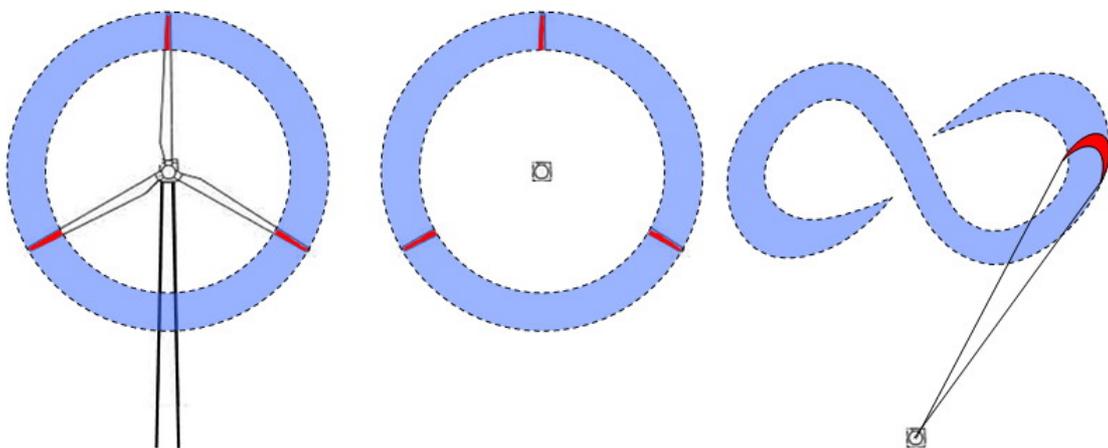


Illustration #7: KiteGen steering unit prototype with a commercial standard power kite

5 – Analisi economica

A un primo sguardo, la semplicità del concetto KiteGen è affascinante e persino divertente. Tutto diventa molto serio quando si compie una dettagliata valutazione dei costi dell'energia prodotta e li si paragonano alle altre fonti esistenti.

Scalabilità

Numero, dimensioni e altezza dei profili alari possono crescere a piacimento per far funzionare centrali KiteGen di più grandi dimensioni, che producano energia in proporzione alla loro taglia. Man mano che il diametro del percorso circolare a terra aumenta, l'ammontare di energia catturato dal fronte vento cresce al quadrato. Il risultato è poi ulteriormente accresciuto dalla maggiore altezza di volo dei profili, quindi dai venti più forti con cui entrano in contatto.

La massima taglia raggiungibile è oggetto di studio, ma da valutazioni iniziali appare possibile eccedere i 1 000 MW (1 GW) senza significativi rischi strutturali, con un diametro di circa 1 600 m.

Confronto dei costi

L'analisi finanziaria per una centrale KiteGen da 100 MW con un ciclo di vita di 20 anni proietta un costo dell'energia prodotta inferiore a 30 € per MWh, con un IRR superiore al 60%, senza considerare i possibili ricavi aggiuntivi da schemi legati alla riduzione di gas serra e/o crediti per produzione di energia rinnovabile.

Questo è straordinariamente più economico che la produzione da combustibili fossili (circa 60 € per MWh) e naturalmente dall'eolico tradizionale (circa 100 € per MWh). Un risultato reso possibile dallo sfruttamento di venti più forti e più costanti (maggior fattore di disponibilità) e da macchinari al suolo con necessità di poche fondamenta (costruzione nel complesso più leggera).

Potenza impianto KITE GEN	Diametro a terra	Costo energia per MWh
10 MW	800 m	80 €
100 MW	1 000 m	< 30 €
1000 MW	1 600 m	10 €

Una considerazione ambientale deve essere aggiunta: oltre a non rilasciare emissioni inquinanti o termiche, le centrali KiteGen hanno anche una bassa occupazione di territorio, riducendo quindi fortemente l'impatto visivo e paesaggistico quando paragonate alle torri eoliche tradizionali.

Fattore di rischio: collisione con aeroplani

Una centrale KiteGen deve ottenere dalle autorità competenti (di solito, l'autorità nazionale preposta all'aviazione civile) le necessarie restrizioni sullo spazio aereo soprastante, nel quale aerei e qualsiasi altro tipo di velivolo non devono poter entrare.

Tali aree ristrette hanno regole uniformi a livello internazionale e sono già concesse per altri tipi di installazioni civili (es. centrali nucleari, raffinerie). Una tipica area P (Prohibited), dove il volo è totalmente interdetto e il rischio tendenzialmente nullo, ha una altezza di 5 000 piedi dal suolo (uguale a 1 524 m) e un raggio di almeno 1 miglio nautico (uguale a 1 852 m); il cilindro risultante ha quindi un volume di 16,4 km³ e conterrebbe agevolmente una grande centrale KiteGen.

6 - Road map

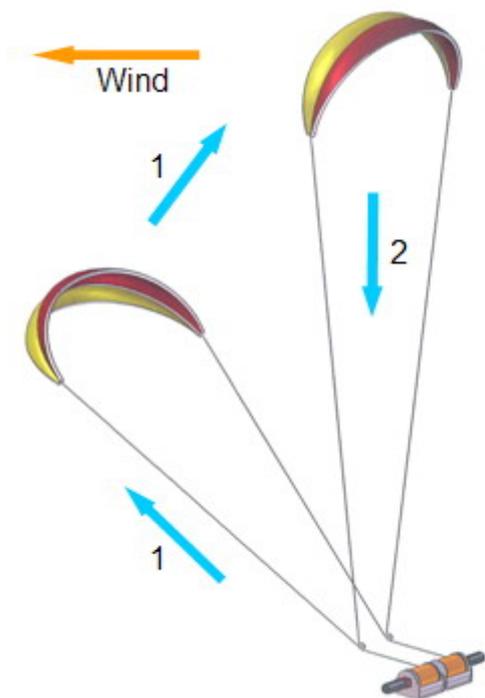
Preliminarmente, deve essere notato che costruire un generatore KiteGen richiede solamente la fusione di conoscenze ingegneristiche in campi diversi e l'applicazione di soluzioni già disponibili e sperimentate, insieme a una rilevante attività di progettazione.

Non vi è necessità di compiere ricerca di base o effettuare nuove scoperte.

Stato attuale

Costruito un primo prototipo (vedi Illustrazione #5 a pagina 7), nome in codice KSU1, testato fino a un'altezza di 800 m con l'autorizzazione dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile). In questa prima configurazione gli attuatori elettrici che manovrano i cavi sono fissi rispetto al suolo.

Oltre a confermare i dati teorici, il prototipo ha già prodotto energia grazie a un ciclo intermittente di trazione e recupero: 5 kW di media e 30 kW di picco con un vento a terra di 4,5 m/s.



1. Traction.
 2. Recovery.
- **Positive balance: energy produced during phase 1 is more than energy consumed during phase 2.**



Illustrazione #8: Ciclo intermittente del prototipo KSU1

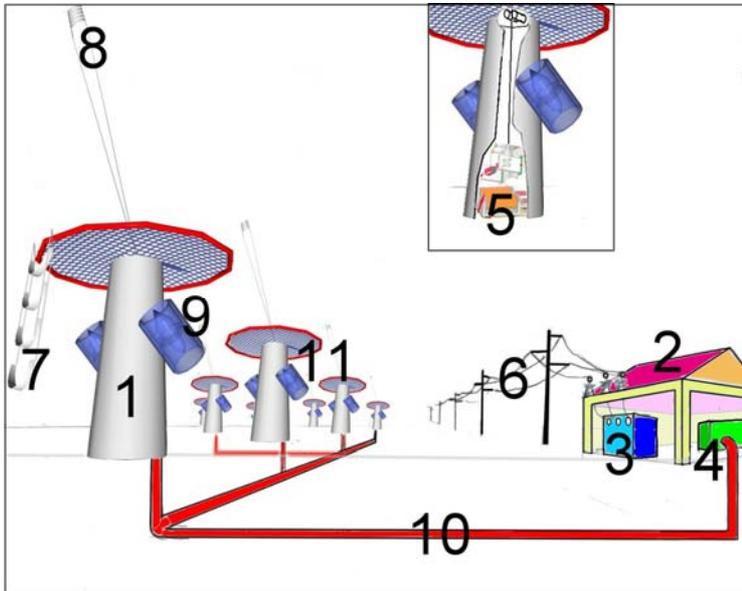
Prossima tappa

Due principali configurazioni di KiteGen sono in fase di sviluppo al fine di realizzare delle centrali operative, la prima è una versione scalata verso il grande del prototipo corrente che lavora con un ciclo yoyo, Abbiamo denominato questa versione Tower KiteGen. Il principale sviluppo è la realizzazione di un'ala speciale ottimizzata per raccogliere l'energia dal vento.

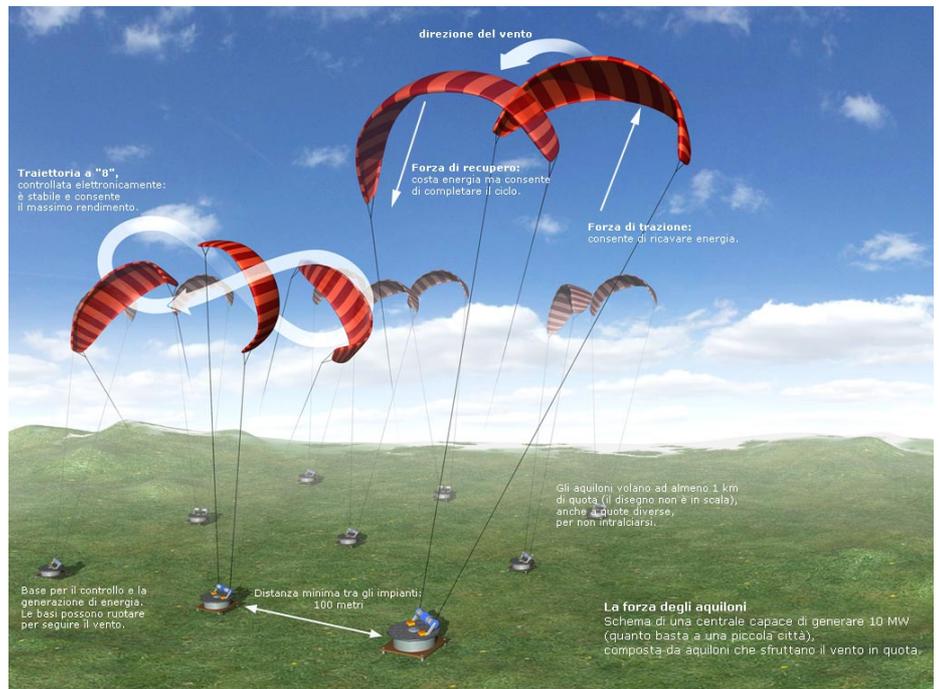
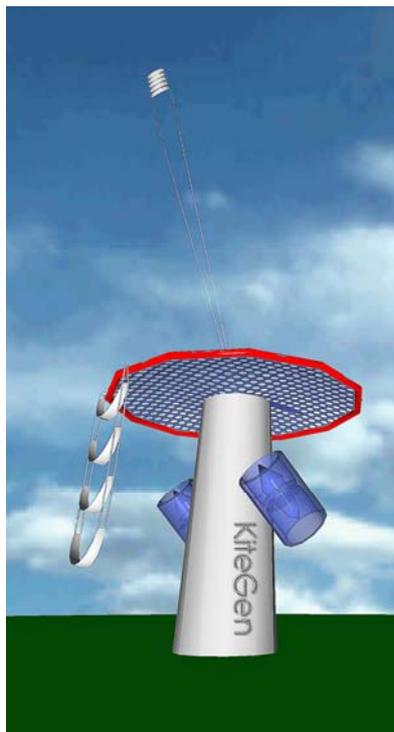
Nella configurazione a carosello, la forza trasmessa dai cavi viene mantenuta costante, la lunghezza varia solo per il controllo dei profili alari e per la scelta della traiettoria ottimale. Le unità di manovra sono alloggiato sul rotore che può muoversi sulla base statorica lungo un percorso circolare, e l'energia è generata da questo movimento relativo..

Tower KiteGen Farm

E' possibile concepire una stazione di potenza eolica, basata su un insieme di KSU1 in una configurazione statica completa di decollo e ritiro automatici.



- 1 - Tower-kiteGen 1MW altezza 25m
- 2 - Stazione elettrica di servizio
- 3 - Convertitore statico
- 4 - Accumulatore short round trip
- 5 - Tower-KiteGen, winches, linee e pulegge d'uscita.
- 6 - linea elettrica VHV
- 7 - Kite dotato di strumentazione, mostrato prima del decollo
- 8 - Kite in volo con radio datalink.
- 9 - Sistema di Decollo Assistito (costo energetico per ogni lancio < 2kWh)
- 10 - Bus DC 600V (1600A x Tower)
- 11 - Tower-KiteGen farm



KiteGen Carousel



La milestone scelta per fornire la prova del concetto della configurazione carosello, è di costruire un'unità, di potenza approssimativamente 500 kW, collocata su un carrello in movimento lungo un anello circolare ferroviario. In una configurazione modulare, più unità identiche possono coesistere sullo stesso anello, così incrementando la potenza totale al valore di 10 MW. L'area totale circoscritta dal prototipo carosello è 144 ha.



Nel percorso effettuato dalle vele nella configurazione a carosello è necessaria una porzione di navigazione controvento al fine di completare il ciclo.

A conforto delle pregresse e positive analisi di fattibilità, si può evidenziare la capacità degli aquiloni di risalire il vento, come risulta dalla fotografia scattata durante una sessione di test di volo e generazione tenuta nelle vicinanze di Tortona con il prototipo KSU1. La bandierina dell'anemometro indica chiaramente la direzione del

vento che, riferita alla posizione della vela, dovrebbe chiarire una delle dinamiche di volo richieste dalla configurazione a carosello che risultano, per esperienza, maggiormente anti-intuitive.

Sbocco al mercato

Con la tappa precedente completata, avendo dimostrato il prototipo i molteplici vantaggi della tecnologia, la società si orienterà soprattutto all'ottenimento delle prime commesse da possibili clienti.

La prima linea di prodotto a generare ricavi sarà una versione migliorata del prototipo industriale, seguito dal completamento del concetto a carosello, entrambe le configurazioni, si stima che saranno più economiche dell'eolico tradizionale e soprattutto del fossile, senza necessitare di localizzazioni speciali con vento al suolo adatto e sufficiente.

Viene stimato che nel 2011 la nuova potenza annua installata nel mondo di eolico tradizionale raggiungerà 33 GW (è stata 15 GW nel 2006). Vendere più di 30 (trenta) centrali KiteGen da 10 MW rappresenterebbe solo un quota di mercato del 1%.

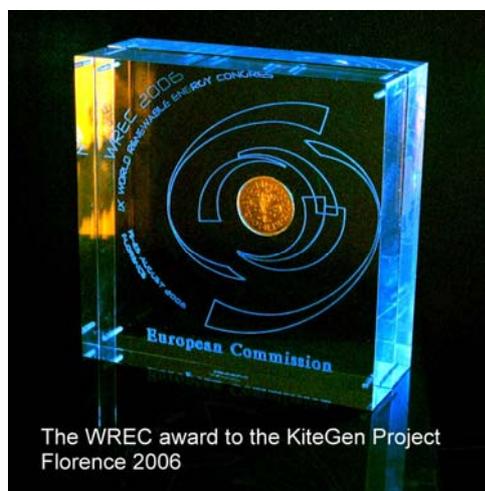
In parallelo la Ricerca & Sviluppo lavorerà a scalare verso l'alto i disegni e le soluzioni per la centrale da 100-5000MW, che competerà nel mercato molto più grande delle centrali a combustibili fossili.

7 - Concorrenza

KiteGen Research non è l'unica iniziativa al mondo a voler sfruttare l'eolico troposferico, ma il nostro approccio viene considerato il più avanzato e il più promettente nel suo genere.

Esistono diversi progetti internazionali per affrontare questa opportunità (vedi: Magenn, Laddermill, SkySails, SkyWindPower, Briza), un concorrente interessante è Makani Power, risiede in California, dove, anche se partito dopo di noi, ha messo insieme considerevoli finanziamenti e un team notevole.

La consapevolezza che stiamo assistendo alla nascita di una nuova industria è stata testimoniata di recente dal Parlamento Europeo, che nella Risoluzione del 25 settembre 2007 sulla tabella di marcia per le energie rinnovabili in Europa (2007/2090(INI)), "raccomanda [...] la ricerca su fonti [...] promettenti e innovative come [...] l'energia eolica d'altitudine".



8 – Panoramica Gamma KiteGen

Dati Impianto – Panoramica Gamma Wind Energy KiteGen



		Mobilegen	NavalKSU	TKG3	KG50	ARIA100	ARIA200	ARIA500	ARIA1000	KG10GW	KG60GW
Modello	MW	0.10	0.50	3.00	50.00	100.00	200.00	500.00	1000.00	10000.00	60000.00
Forza applicata	MN	0.02	0.08	.5	8.33	16.67	33.33	83.33	166.67	1666.67	10000.00
Peso rotore	Tons	1.00	25.00	60.00	5000.00	10000.00	20000.00	50000.00	100000.00	833333.33	4000000.00
Peso Elettromeccanica	Tons	0.40	1.00	4.00	200.00	400.00	800.00	2000.00	4000.00	40000.00	240000.00
Peso Statore	Tons	NA	NA	NA	7500.00	15000.00	30000.00	75000.00	150000.00	1250000.00	6000000.00
Quota operativa	Km	1.00	1.00	2.00	0.75	0.90	1.09	1.46	1.86	6.67	10.00
Diametro macchina	Km	NA	NA	NA	1.13	1.34	1.64	2.19	2.79	10.00	25.00
Numero moduli	N	NA	NA	NA	44.00	52.00	64.00	86.00	120.00	400.00	1000.00
Potenza modulo	MW	NA	NA	NA	1.20	2.00	3.00	5.00	9.00	25.00	60.00
Costo statore	Meuro	NA	NA	NA	15.00	30.00	60.00	150.00	300.00	2500.00	12000.00
Costo rotore	Meuro	0.00	0.05	2.00	10.00	20.00	40.00	100.00	200.00	1666.67	8000.00
Costo elettromeccanica	Meuro	0.01	0.02	0.3	4.00	8.00	16.00	40.00	80.00	800.00	4800.00
Altri costi	Meuro	0.10	1.00	0	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Ingegnerizzazione	Meuro	0.10	0.01	0.10	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	100.00	600.00
Totale	Meuro	0.21	2.0	3.0	64.50	94.00	153.00	330.00	625.00	5101.67	25435.00
Disponibilità	ore	4000.00	4000.00	5500.00	3000.00	4000.00	5000.00	7000.00	7000.00	7000.00	7500.00
Energia	GWh/anno	0.50	1.50	16.00	150.00	400.00	1000.00	3500.00	7000.00	70000.00	450000.00
Costi periodici	Meuro	0.01	0.08	0.26	4.5	9	15.3	33.0	62.5	510.2	2543.5
Valore prod annuale	Meuro	0.04	0.07	1.6	14.36	39.06	98.47	346.70	693.75	6948.98	44745.65
Costo industriale MWh	euro	70.00	60.00	38	47.30	26	16.83	10.37	9.82	8.02	6.22

9 - Analisi Fattibilità KiteGen ARIA100

Modello Energia - Progetto Wind Energy KiteGen ARIA100

Condizioni del sito		Stima
Nome progetto		KiteGen ARIA100
Esempio di ubicazione del progetto		Margherita di Savoia
Fonte dati vento		Velocità del vento
Località più vicina per dati meteo		Brindisi
Densità di potenza eolica annuale	W/m ²	362
Altezza della densità di potenza eolica	m	50.0
Velocità del vento media annuale	m/s	4.4
Altezza di misurazione del vento	m	6.0
Esponente di wind shear (cambio improvviso di direzione)	-	0.10
Velocità del vento a 10 m	m/s	4.6
Pressione atmosferica media	kPa	101.6
Temperatura media annuale	°C	17

Caratteristiche Sistema		Stima
Tipo griglia	-	Griglia centrale
Carico di picco	kW	100,000
Potenza KiteGen di targa	kW	100000
Velocità del vento a 50 m	m/s	6.8
Altezza hub	m	700.0
Velocità del vento ad altezza operativa	m/s	7.1
Densità di potenza eolica ad altezza operativa	W/m ²	397
Livello di penetrazione del vento	%	100.0%
Tasso (rate) di assorbimento energia eolica	%	93%
Perdite associate ai treni di kites	%	3%
Perdite per depositi e/o formazione di ghiaccio sui profili alari	%	2%
Altre perdite per downtime (fermo-macchina)	%	2%
Perdite varie	%	3%

Produzione Annuale di Energia		Stima
Capacità impianto eolico	kW	100,000.000
Capacità impianto eolico	MW	100.000
Produzione di energia non regolata	MWh	554,537
Coefficiente di regolazione della pressione	-	1.00
Coefficiente di regolazione della temperatura	-	0.99
Produzione lorda di energia	MWh	548,992
Coefficiente delle perdite	-	0.90
Resa specifica	kWh/m ²	496
Fattore di capacità dell'impianto eolico	%	57%
Energia rinnovabile raccolta	MWh	496,091
Energia rinnovabile trasferita	MWh	496,091
	GJ	1.785.929

Caratteristiche Turbina Eolica		Stima	Note/Intervallo
Potenza turbina eolica di targa	kW	100000	-
Altezza media	m	700.0	
Area spazzata	m ²	1,000,000	
Produttore turbina eolica		Sequoia	
Modello turbina eolica		ARIA100	
Fonte dati curva energia	-	Standard	Distribuzione eolica di Weibull
Fattore di forma	-	2.0	
Fattore di forma	-	2.1	Da 1.0 a 3.0

Dati di Produzione Turbina Eolica

Velocità vento (m/s)	Dati curva di potenza (kW)	Dati curva di energia (MWh/an)	Velocità vento (m/s)	Dati curva di potenza (kW)	Dati curva di energia (MWh/an)
0	0.0	-	13	100,000.0	646,525.3
1	250.0	-	14	100,000.0	623,408.9
2	2,000.0	-	15	100,000.0	595,973.8
3	6,750.0	107,565.5	16	100,000.0	-
4	16,000.0	225,088.5	17	100,000.0	-
5	31,250.0	349,396.9	18	100,000.0	-
6	54,000.0	456,019.0	19	100,000.0	-
7	85,750.0	539,284.9	20	100,000.0	-
8	100,000.0	600,293.6	21	100,000.0	-
9	100,000.0	640,932.2	22	100,000.0	-
10	100,000.0	663,157.0	23	100,000.0	-
11	100,000.0	669,456.0	24	100,000.0	-
12	100,000.0	662,853.3	25	50,000.0	-

Power and Energy Curves

