

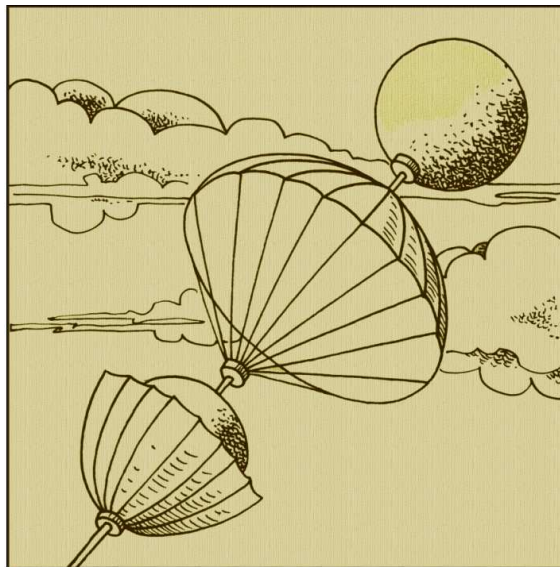


PROGETTO TWIND 2010

TWIND TM

TWIND è una innovazione tecnologica che permette lo sfruttamento dell'energia eolica dei venti in alta quota con minori costi, maggiori rendimenti, e rispettando i vincoli paesaggistici.

La tecnologia risulta affidabile, economica e con rese energetiche che possono superare agevolmente i tradizionali generatori eolici e che possono competere, in termini di costo per KWh, con gli impianti di produzione elettrica convenzionale.



TWIND è un concept della società Zanettistudios S.r.l. titolare esclusivo del marchio Twind e dei diritti brevettuali sulla tecnologia. Zanettistudios S.r.l. opera dal 2002 nell'ambito della consulenza alle aziende e nello sviluppo di nuove tecnologie legate all'evoluzione dei mercati e della società.

In data 7 agosto 2009 è stata depositata presso l'Ufficio Brevetti Europeo la domanda di brevetto internazionale No. PCT/EP2009/060311 rivendicando la priorità di tre distinte domande di brevetto europeo.

Dopo la realizzazione dei primi prototipi funzionali, sono in corso i lavori per attivare il primo impianto pilota con le caratteristiche descritte in questo documento.

TWIND

Fisica dell'energia eolica

La Potenza (P) con la quale il vento esercita la sua azione è data dal prodotto della forza (F) che si oppone al suo movimento per la sua velocità (V):

$$P = F * V$$

F è meglio denominata come "Forza Aerodinamica Resistente" e varia proporzionalmente al tipo superficie esposta al vento (sezione frontale D per coefficiente di forma Cx), alla densità dell'aria (p) e, per la legge dell'energia cinetica, varia in proporzione al quadrato della velocità del vento (V):

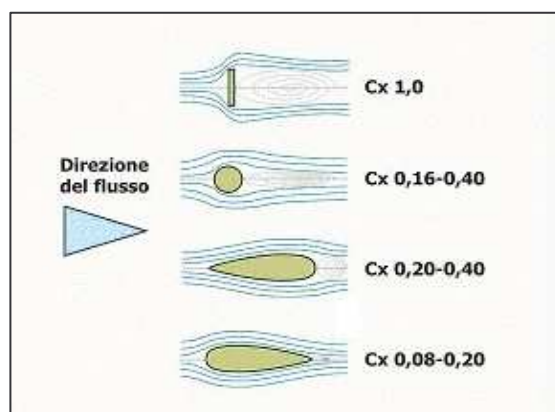
$$F = 0,5 * D * p * Cx * V^2$$

La resistenza aerodinamica è una forza e solo moltiplicandola per la velocità si trasforma nella potenza esercitata dal vento; assemblando quindi le due formule, ne deriva che la potenza P varia con il cubo della velocità del vento.

$$P = 0,5 * D * p * Cx * V^3$$

La potenza P è espressa in Watt per metro quadrato, la sezione frontale D è espressa in metri quadrati, la densità dell'aria (p) è espressa in Kg per metro cubo e la velocità dell'aria in metri per secondo.

Il coefficiente di forma (Cx) è l'indice della penetrazione aerodinamica della superficie esposta al flusso e varia in base alla sua forma geometrica; nell'illustrazione a lato si evidenziano alcuni esempi indicativi.

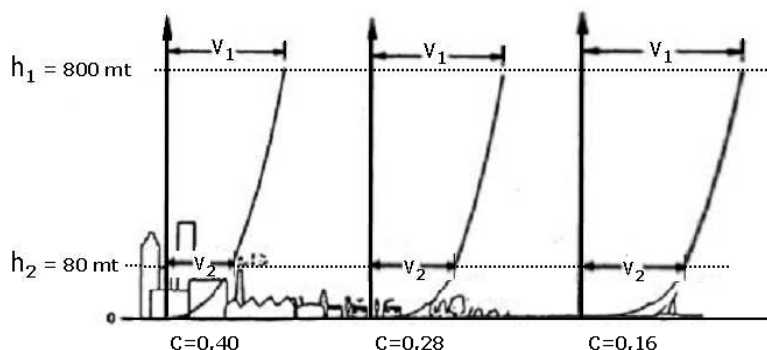


La densità dell'aria (p) decresce con l'altitudine e varia da un valore di 1.225 g/m3 al livello del mare sino a 1.112 g/m3 ad un Km di quota.

La potenza del vento è soprattutto in funzione del cubo della velocità del vento, quindi piccoli aumenti nella velocità del vento producono **grandi aumenti della potenza**; questo significa che ogni volta che raddoppia la velocità del vento, si incrementa la potenza disponibile per un fattore di $2 \times 2 \times 2 = 8$; se la velocità del vento triplica, l'energia associata sarà $3 \times 3 \times 3 = 27$ volte più elevata.

La velocità del vento non cresce con continuità in senso verticale; se a contatto del suolo la velocità è praticamente nulla, negli strati immediatamente superiori, e sino a qualche decina di metri, le variazioni variano irregolarmente per poi accrescere rapidamente di velocità fino a 500-600 metri di quota e continuare poi, con ritmi inferiori, per altri 200 metri.

$$V_1 = V_2 \cdot \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^c$$

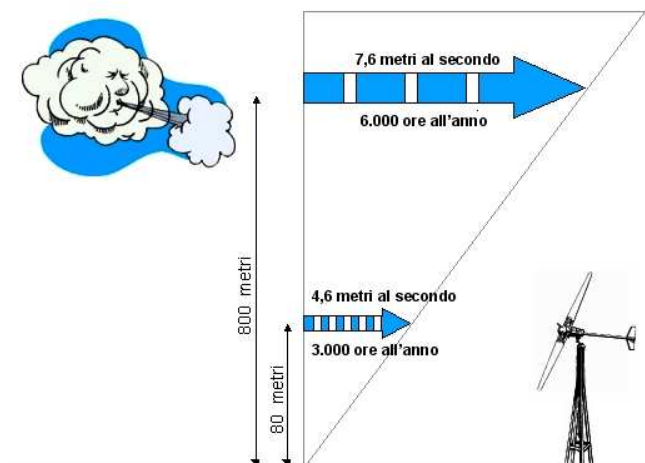


Nei calcoli ingegneristici si utilizza frequentemente la formula matematica empirica denominata "**legge empirica di potenza**", sopra riportata, che, partendo da una velocità del vento di riferimento (V2) misurata all'altezza h2, calcola la velocità (V1) del vento in quota prevedibile alla quota h1. Il coefficiente c tiene conto della rugosità del suolo e parte da 0,40 per i centri cittadini sino a giungere al valore 0,16 per le zone pianeggianti o in mare aperto.

TWIND

Oltre gli 800 metri di altezza il vento ha una velocità media di 7,6 m/s per 6.000 ore all'anno contro una media di 4,6 m/s per 3.000 ore all'anno rilevabili all'altezza di 80 metri su cui vengono di norma collocati i tradizionali generatori eolici.

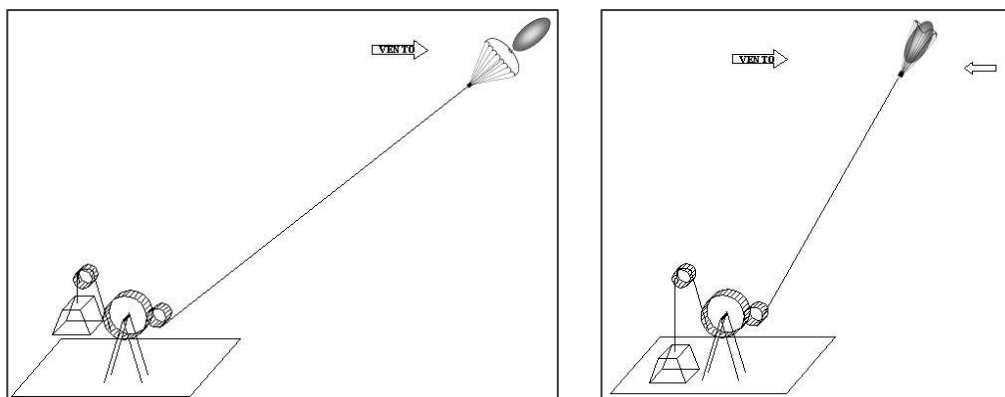
La velocità del vento rappresenta un fattore cruciale nel rendimento dei generatori eolici e la velocità del vento cresce con la distanza dal suolo; tuttavia la progettazione dei tradizionali generatori eolici ad asse di rotazione orizzontale pone seri limiti di natura strutturale sia nel diametro delle pale (max 80 – 100 metri) che nell'altezza delle torri (max 130 – 180 metri); la crescita in altezza della struttura e la messa in opera di rotori di grande diametro, sono infatti causa di complicazioni statiche che mettono a rischio la struttura in caso di improvvise raffiche di vento troppo forte.



Metodo

Il metodo si basa sull'utilizzo di una **superficie velica** elevata in quota dalla spinta ascensionale esercitata da un pallone **aerostatico** collegato a terra da un cavo che funge anche da trasmissione dell'energia.

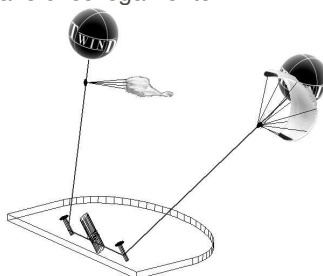
Il vento presente in quota esercita una **spinta orizzontale** della vela che, nella sua corsa, trasmette questa energia a terra mediante la trazione del cavo di collegamento.



Al termine della sua corsa, la superficie velica viene ridotta nelle sue dimensioni permettendo così un ritorno controvento della stessa con un **dispendio energetico inferiore** a quello ottenuto in precedenza.

Nell'esempio sopra raffigurato l'energia viene recuperata sfruttando la forza di gravità movimentando una massa; questa funzione può essere sostituita da altri sistemi basati ad esempio, sull'energia cinetica, sulla compressione di gas, oppure sulla accumulazione di energia elettrica generata.

Un ulteriore sistema di recupero dell'energia si basa sul **principio della dinamica antagonista** di due moduli aerostatici collegati a terra dal medesimo cavo di collegamento.



TWIND

Innovazione

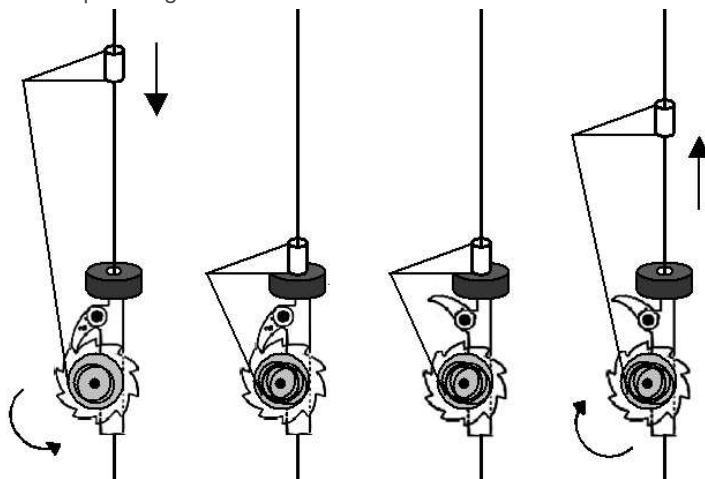
Il principio di funzionamento richiede l'apertura e la chiusura di ampie superfici veliche ma il posizionamento in alta quota di queste vele rende **impraticabile** un sistema mutuato della nautica poiché i tiranti di comando si attorciglierebbero al cavo di collegamento e per lo stesso motivo, oltre che per il peso, **non è possibile** portare in quota un cavo elettrico per alimentare una motorizzazione; quest'ultima avrebbe poi un assorbimento di corrente tale da escludere l'ipotesi di una alimentazione a pannelli solari.

La chiusura delle superfici veliche richiede una energia considerevole che, nella tecnologia TWIND viene fornita **dalla stessa energia del vento** presente in quota.

L'innovazione realizza tale sistema basandosi sul singolo modulo aerostatico illustrato qui a lato nelle sue principali componenti.

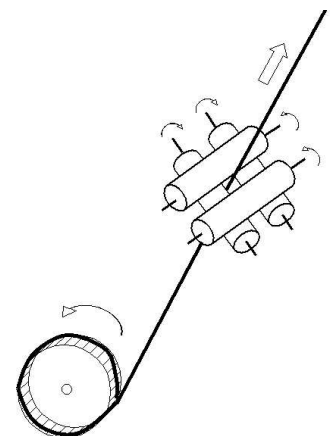
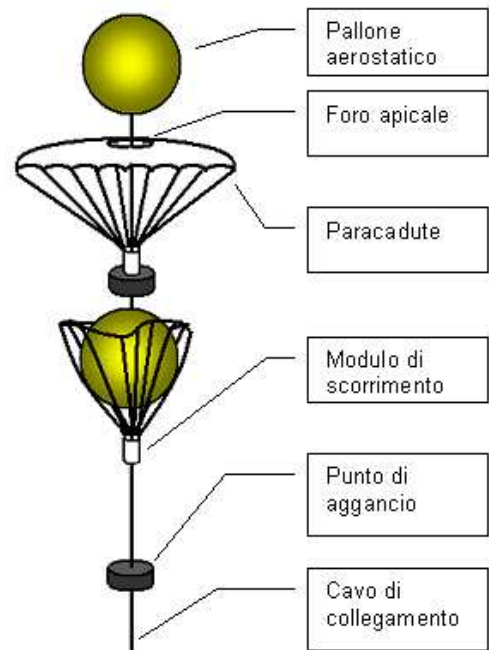
Il modulo aerostatico è composto da due palloni gonfiati con gas più leggero dell'aria, saldamente vincolati al cavo, e ognuno dotato di una superficie velica sottostante, sagomata a forma di paracadute, in grado di scorrere sul cavo di collegamento a terra per un tratto che va dal pallone stesso ad un proprio punto di aggancio.

La dinamica di funzionamento viene descritta nella paragrafo successivo ed è basata sulla capacità del modulo di scorrimento di **aderire e scollegarsi**, tramite telecomando, sia al **punto di aggancio** al cavo che al **foro apicale** del paracadute; questa funzione può essere ottenuta con un sistema a cricchetto con molla di richiamo illustrata qui di seguito.



Con tale innovazione **l'energia necessaria per l'apertura e la chiusura delle superfici veliche è limitata a quella richiesta per le azioni di aggancio e distacco** che la guida di scorrimento esercita sia con il foro apicale che con il punto di aggancio al cavo; tali azioni vengono esercitate da servomeccanismi telecomandati a basso dispendio energetico e che, per tale motivo, possono ricevere alimentazione da batterie tenute in carica da pannelli solari o da piccoli generatori fatti ruotare dal movimento dei cavi di apertura e chiusura dei paracadute.

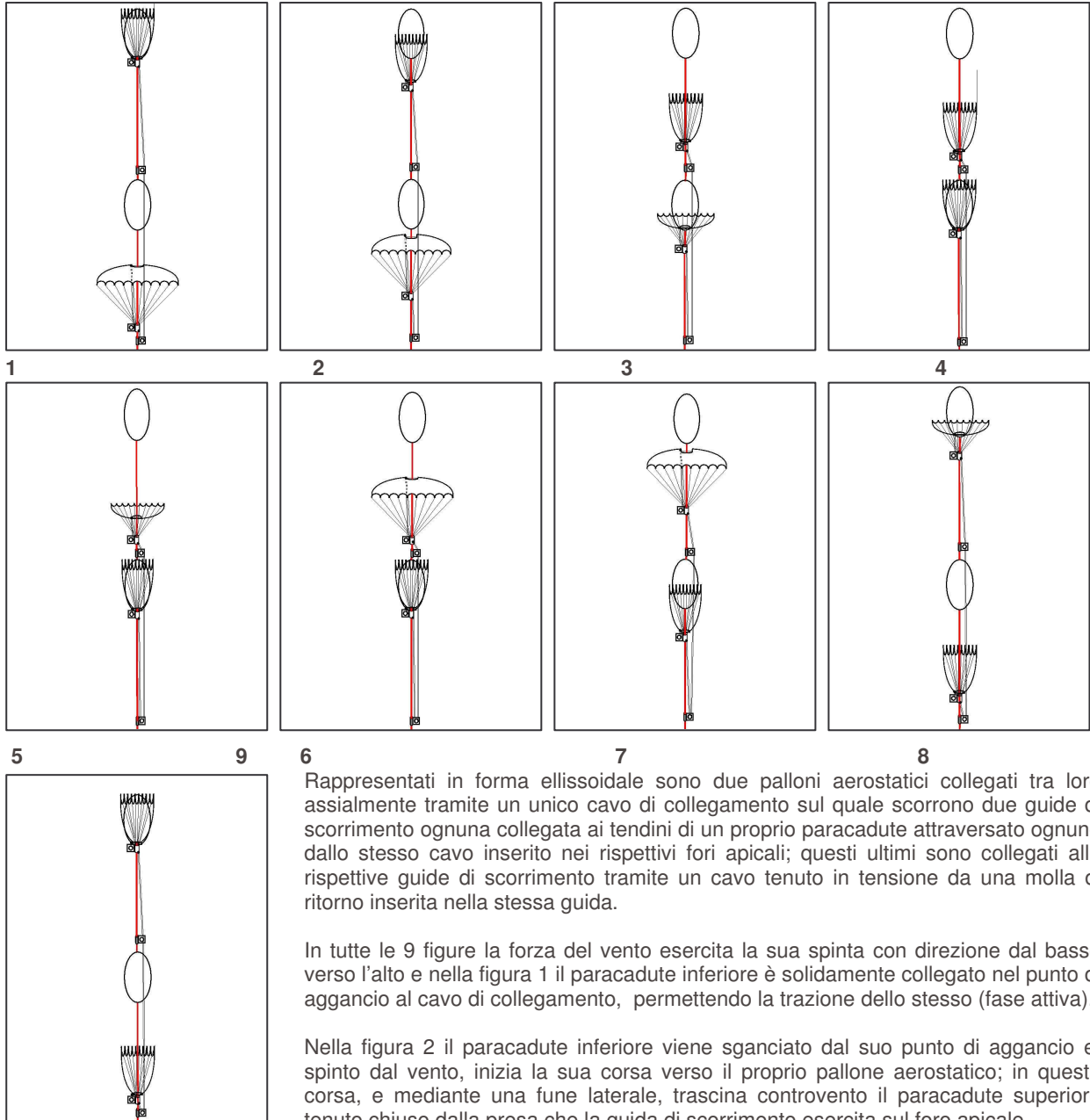
Il cavo di collegamento a terra viene guidato da una combinazione di rulli sovrapposti sul genere di quello illustrato qui a lato che consente lo scorrimento del cavo stesso proveniente da qualsiasi angolazione.



TWIND

Dinamica di funzionamento

Senza ricorrere all'impiego di motorizzazioni, l'apertura e la chiusura delle superfici veliche/alari viene realizzata nel modulo aerostatico utilizzando la stessa forza del vento mediante il meccanismo sotto descritto:



Nelle figure 3 e 4 il paracadute inferiore giunge a contatto del proprio pallone aerostatico e si conforma alla sua sagoma capovolgendosi e avvolgendolo. Nella situazione della figura 4 il modulo di scorrimento del pallone inferiore si aggancia solidalmente al foro apicale del suo paracadute mentre il modulo di scorrimento del pallone superiore si aggancia solidalmente al cavo di collegamento, nel punto di aggancio; considerando che nessun paracadute risulta aperto, l'intero modulo aerostatico offre al vento la resistenza aerodinamica minima (fase passiva).

Nella figura 5 il foro apicale del paracadute superiore si libera dalla presa della sua guida di scorrimento e apre così la sua superficie al vento sino al suo pieno dispiegamento come da figura 6 (fase attiva); in quest'ultima situazione si ripropone quanto descritto nella figura 1, con i due paracadute a funzioni invertite, e pronti ad iniziare il medesimo ciclo descritto sino alla situazione della figura 9 dove ancora nessun paracadute risulta aperto per fornire al modulo aerostatico una resistenza aerodinamica minima (fase passiva).

TWIND

Confronto

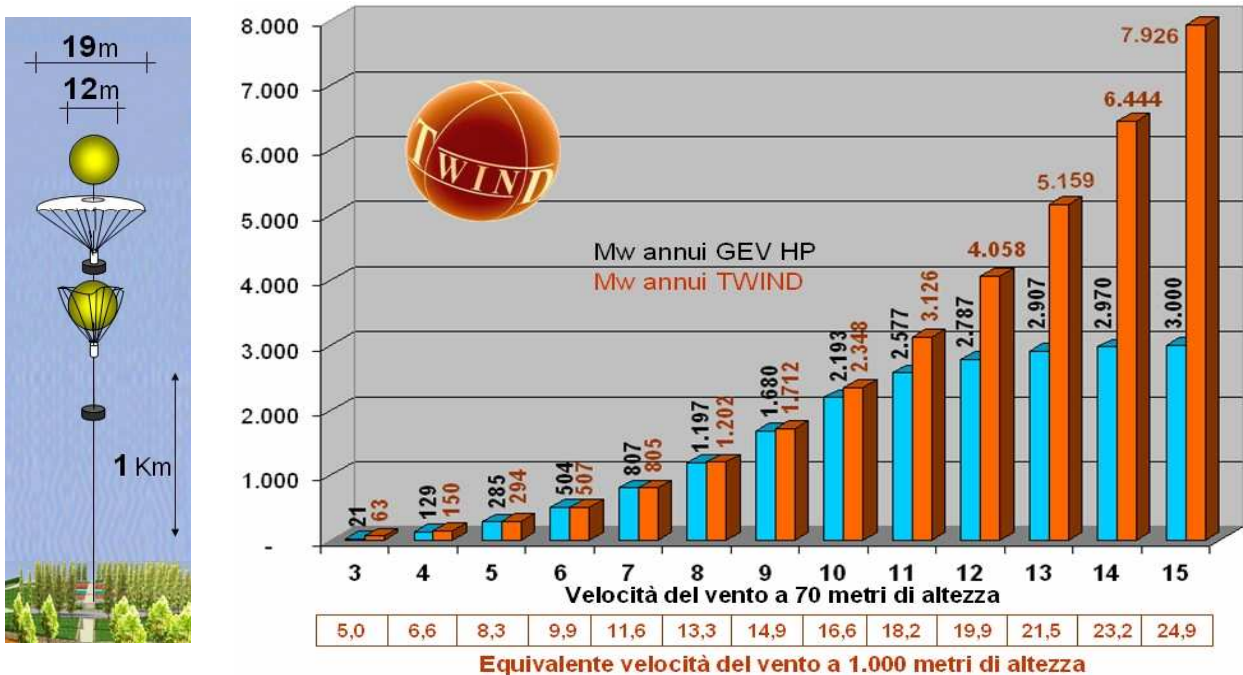
Per il confronto con i tradizionali generatori eolici è stato preso in esame il modello GEV HP 1Mw della Vergnet utilizzando i dati ufficiali pubblicizzati nella documentazione originale fornita dall'azienda.

Il modello GEV HP 1Mw è un generatore a due pale con un diametro del rotore di 62 metri e posizionato a 70 metri di altezza mediante una torre tubolare; la potenza di picco è di 1Mw e il costo di mercato è di 1.750.000 Euro.

La comparazione è stata svolta ipotizzando un generatore TWIND composto da due palloni aerostatici di 12 metri di diametro che lavorano a 1.000 metri di quota con due elementi velici (paracadute) ciascuno di 19 metri di diametro. I rendimenti energetici del generatore TWIND sono stati ottenuti con un processo di calcolo visionabile nel primo allegato.



Nel confronto tra le due tecnologie si è ipotizzata la persistenza del vento per 3.000 ore annue sul generatore tradizionale e di corrispondenti 6.900 ore annue in quota; sempre in quota la velocità del vento è stata aumentata attribuendo alla legge empirica di potenza (si veda il primo paragrafo) un fattore "c" prudenziale di 0,20.



Dal raffronto grafico si deduce come i due impianti hanno un rendimento energetico pressoché **equivalente** sino ad una velocità del vento a bassa quota di 8 metri al secondo, per poi distinguersi a velocità superiori per le migliori prestazioni della tecnologia Twind.

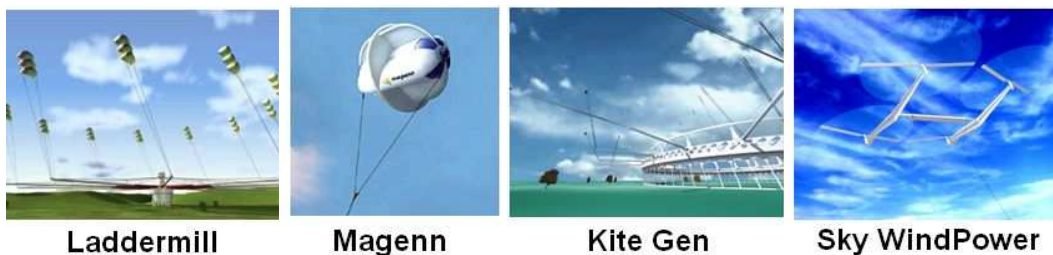
La tabella successiva realizza il confronto, seppur indicativo, tra i costi della componentistica dei due impianti sopra esaminati; per il generatore tradizionale sono stati presi a modello i dati percentuali indicati per potenza installata di 1.000 Kwp, nello studio: Wind Turbine Design Cost and Scaling Model - L. Fingersh, M. Hand, and A. Laxson, NREL, 12/2006; per la tecnologia Twind sono stati utilizzati i preventivi di costo richiesti a più fornitori.

Generatore eolico tradizionale Componenti di costo	Peso % sul costo complessivo	Costo dei componenti utilizzati (€)	Costo dei componenti utilizzati (€)	Peso % sul costo complessivo	Generatore a tecnologia TWIND Componenti di costo
Torre	27%	243.000	70.000	19%	Vele + Cavi
Pale	26%	234.000	120.000	33%	Palloni aereostatici + elio
Rotore e Trasmissione	24%	216.000	37.000	10%	Parti meccaniche
Generatore e parte elettrica	13%	117.000	117.000	33%	Generatore e parte elettrica
Installazione	10%	90.000	16.000	4%	Installazione
150%	100%	900.000	360.000	100%	-60%

TWIND

La comparazione evidenzia che, a sostanziale parità di prestazioni, la tecnologia TWIND offre un **risparmio di costi industriali del 60%** o, in un'altra prospettiva, si può concludere che la realizzazione di un impianto tradizionale eolico richiede un investimento superiore del 150% rispetto ad un equivalente impianto TWIND.

Per quanto infine concerne il confronto con le tutte le tecnologie oggi esistenti che tentano una affermazione nel segmento dell'energia eolica ad alta quota, la Tecnologia TWIND si differenzia per tre caratteristiche importanti:



Innanzitutto l'installazione di un generatore TWIND ha un **basso impatto ambientale** poiché a terra viene effettuata una installazione minima e relativa al solo alloggiamento del generatore elettrico con ancoraggio del cavo **senza alcun impatto** su coltivazioni o altri impieghi del suolo; alle quote operative di 800-1000 metri i palloni divengono poi **invisibili ad occhio nudo** (si veda il paragrafo "Dimensionamento").

Un secondo elemento di differenziazione consiste nella **affidabilità di funzionamento** per la presenza di un cavo singolo di collegamento (senza rischio di incrocio di cavi) e per una dinamica non vincolata a sofisticati controlli di gestione ma a basata sulla semplicità di meccanismi legati a leggi fisiche.

Infine il generatore elettrico posizionato al suolo e ampie superfici veliche sorrette da palloni aerostatici, consentono dimensionamenti per **alte potenze unitarie** altrimenti impossibili nelle tecnologie dove il generatore viene portato in quota e che, per tale motivo, deve risultare di piccolo peso e quindi di bassa potenza.

Questi tre punti assommati tra loro determinano alti rendimenti energetici abbinati a bassi costi ambientali, di installazione e di manutenzione che ben si configurano per uno sfruttamento industriale della tecnologia.

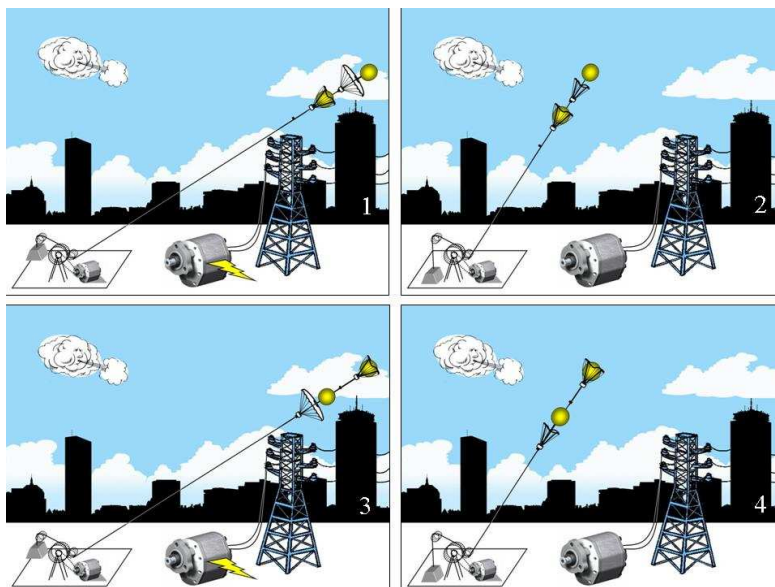
Prototipo

L'impianto sperimentale di prossima attivazione è dimensionato per operare ad una altitudine di 200 metri utilizzando due palloni aerostatici di 6 metri di diametro; i calcoli strutturali sono descritti nella paragrafo successivo "Rendimento" mentre nei quattro disegni sottostanti viene illustrata la dinamica di funzionamento del prototipo.

Nel primo disegno il modulo aerostatico, grazie all'apertura del suo paracadute superiore, viene sospinto dal vento per circa 300 metri; il 92% dell'energia eolica così ottenuta, viene trasformata in energia elettrica attraverso la rotazione di un generatore mentre il restante 8% dell'energia viene utilizzata per il simultaneo sollevamento meccanico di un metro cubo di granito ad una altezza di circa 80 centimetri.

Nel secondo disegno il modulo aerostatico chiude il suo paracadute e ripercorre all'inverso la sua corsa sfruttando l'energia potenziale della massa che viene fatta riportare al suolo; la durata di questa fase è equivalente a quella precedente pari a un minuto circa e non viene generata energia elettrica.

Nella figura 3 riprende la fase di traino dell'elemento aerostatico grazie all'apertura del suo paracadute inferiore generando energia elettrica e risollevando la massa. Nell'ultimo disegno si ripropone la situazione descritta in figura 2 preparando la ripresa del ciclo e ritornando quindi alla figura 1.



TWIND

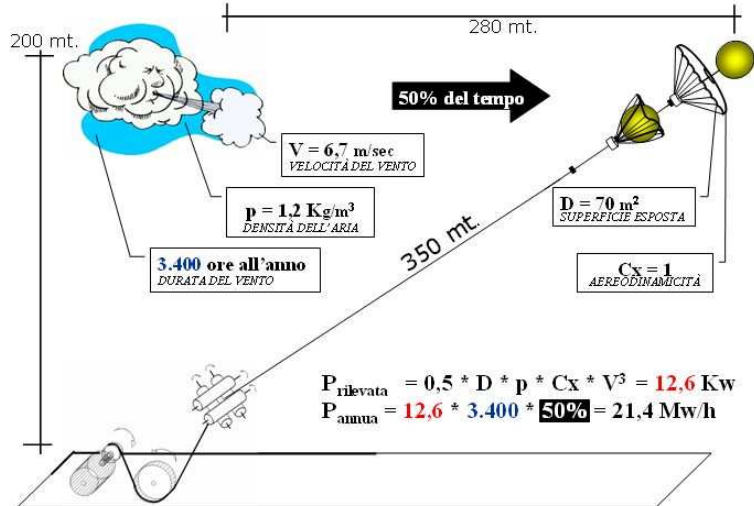
Rendimento

Nei due disegni che seguono viene illustrato il dimensionamento dell'impianto suddividendo la dinamica del prototipo in una prima fase attiva e in una seconda fase passiva. Il calcolo delle potenze utilizza la formula definita nella sezione "Fisica".

Nel primo disegno sottostante sono descritti i fattori per il calcolo dell'energia prodotta dalla spinta del vento sul modulo aerostatico a paracadute aperto (fase attiva).

A 200 metri di altitudine l'aria ha una densità media di 1,2 Kg al metro cubo e considerando una velocità media del vento pari a 6,7 metri al secondo si ottiene una potenza per ogni metro quadrato di superficie pari a 180 Watt. Moltiplicando 180 Watt per i 70 metri quadrati di estensione del paracadute e per il coefficiente aerodinamico dello stesso pari a 1, si ottiene il valore di 12,6 Kw che rappresenta il potenziale energetico utilizzabile in quota dal sistema.

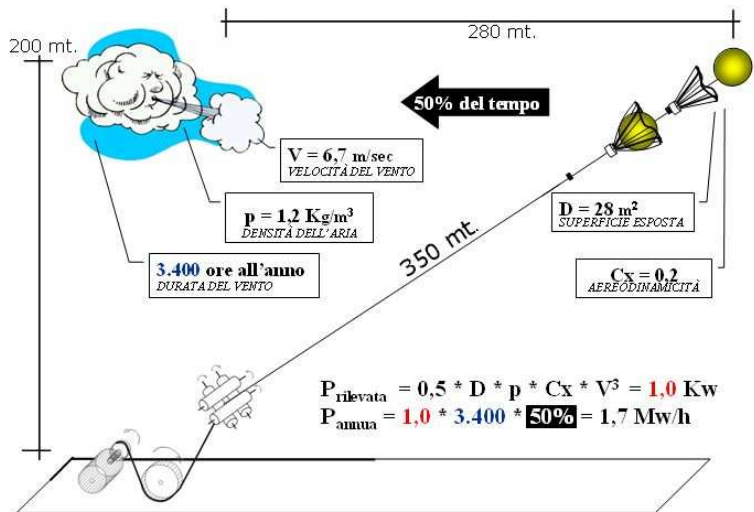
Per calcolare la potenza prodotta dalle fasi attive, occorre moltiplicare 12,6 Kw per il numero di ore di attività ventosa presente nell'anno a 200 metri di quota e considerare solo il 50% di tale periodo (per la metà del tempo il modulo non genera energia).



La potenza annuale così calcolata è pari di 21,4 Mw/h annui e, per ottenere la potenza effettivamente prodotta dall'impianto, occorre detrarre da questo valore l'energia necessaria per il recupero controvento del modulo aerostatico.

Nel seguente disegno a lato vengono descritti gli elementi che determinano l'energia necessaria al recupero; i fattori di calcolo sono gli stessi visti in precedenza con l'eccezione di una minore superficie esposta e di un coefficiente di penetrazione aerodinamica inferiore. Con i paracadute chiusi il modulo aerostatico presenta infatti al vento una superficie a fronte convesso, come nella natura del pallone sferico al quale aderisce il paracadute.

Dal calcolo si quantifica in 1,7 Mw l'energia che, su base annua, occorre spendere per le fasi passive; la potenza complessiva prodotta dal prototipo è quindi pari a 19,7 Mw/h (21,4 – 1,7).



Considerando che l'efficienza di un generatore elettrico può variare dal 93% al 97%, si stima quindi che un singolo modulo aerostatico con palloni di 6 metri di diametro e posizionati a 200 metri di quota, è in grado di generare, su base annua, una potenza compresa tra i 18 e i 19 Mw/h.

Dimensionamento

La progettazione di un generatore eolico a tecnologia TWIND si basa sul diametro dei palloni aerostatici; da questa misura si calcolano le dimensioni degli altri componenti dell'impianto e ne derivano i parametri che determinano la potenza erogata.

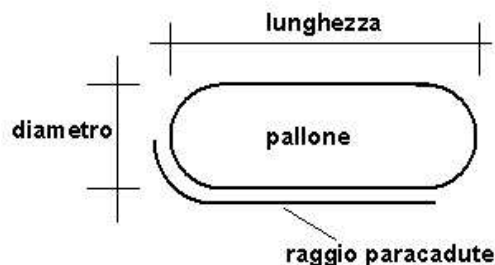
Una esempio di tabella di dimensionamento è visibile nel secondo allegato mentre qui di seguito si descrive il processo di determinazione delle superfici veliche, del cavo di collegamento e della massa di sollevamento del primo impianto pilota.

SUPERFICIE VELICA



Il raggio dei paracadute utilizzati è vincolata al diametro dei palloni aerostatici in quanto la tela del paracadute non deve avvolgere il pallone oltre il suo diametro per non offrire resistenza al vento durante la fase di recupero del modulo.

Per tale considerazione i palloni aerostatici utilizzati di 6 metri di diametro possono essere abbinati a paracadute di 9,4 metri di diametro e, quindi, con superficie pari a 70 metri quadrati.



Nella progettazione è stato considerato l'impiego di palloni aerostatici sferici pur nella consapevolezza che palloni aerostatici di forma oblunga rappresentano una interessante opzione in termini di maggiore efficienza del sistema sia per la maggiore spinta ascensionale che per la maggiore superficie dei paracadute.

LUNGHEZZA DEL CAVO

Il modulo aerostatico lavora ad una altitudine imposta dalla lunghezza del cavo; quest'ultima è a sua volta determinata dalla portanza dei palloni aerostatici utilizzati e quindi dalle loro dimensioni.

In ognuno dei due palloni di diametro 6 metri, possono essere inseriti 113 metri cubi di elio per un totale di 226 metri cubi che equivalgono ad una spinta ascensionale di circa 252 Kg ai quali vanno sottratti circa 60 Kg di peso dell'involucro di entrambi i due palloni.

Si è visto in precedenza che il diametro di 6 metri del pallone permette l'impiego compatibile di un paracadute con un diametro massimo di 9,4 metri che, con un peso medio specifico delle tele di 0,230 Kg al metro quadro, comporta un peso complessivo per i due paracadute di circa 32 Kg il cui valore riduce la spinta ascensionale a 160 Kg.

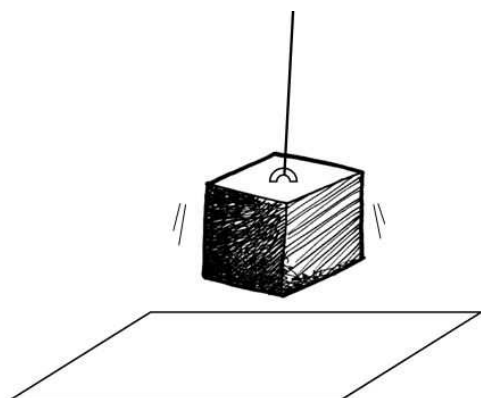
Come cavo di collegamento a terra viene utilizzato il cavo tessile Dyneema di diametro 21 mm che offre un carico di rottura di 42 tonnellate e che ha un peso specifico di 0,25 Kg al metro lineare; quest'ultimo valore impone una lunghezza massima del cavo pari a 448 metri.

La scelta è per un cavo di lunghezza pari a 350 metri che equivale ad un peso complessivo di 88 Kg e che porta la spinta ascensionale residua del modulo aerostatico a di circa 72 Kg; tale valore risulta più che sufficiente per caricare a bordo del modulo aerostatico 40 Kg circa di varie componenti meccaniche, elettriche ed elettroniche.

L'utilizzo di un cavo di lunghezza pari a 350 metri permette uno stazionamento del modulo aerostatico ad altitudine di 200 metri consentendogli una corsa in quota di 290 metri.

MASSA DI SOLLEVAMENTO

Il peso utilizzato nella fase di recupero dell'elemento aerostatico con i paracadute chiusi, deve dimensionarsi sulla durata temporale della sua corsa di rientro e sull'energia eolica che lo investe durante questa fase passiva.



La potenza rilevata è stata quantificata in precedenza per la fase passiva pari a 1 Kw mentre il tempo di percorrenza lo si stabilisce pari a 54 secondi che è lo stesso tempo impiegato nella fase precedente dal vento per spingere il modulo a fine corsa (290 metri a 5,48 metri al secondo).

Per convertire l'energia in Kgm della singola corsa occorre moltiplicare il valore di 1 Kw per la frazione di ora (54/3600) ottenendo i Kw/h; dividendo il risultato ottenuto per il coefficiente di conversione 0,00000272 si ottiene il valore di 5.515 Kgm che, per sua natura, può essere scomposto nella componente di peso e altezza.

Il peso utilizzato nel prototipo consiste quindi in un cubo di granito di un metro di lato e pesante 2.700 Kg che accumula l'energia necessaria tramite il suo sollevamento ad una altezza di 2 metri.

TWIND

Sviluppo

La realizzazione del primo impianto pilota ha come finalità quella di maturare conoscenze specifiche sulla tecnologia testandola nelle rese energetiche e studiandola soprattutto negli aspetti aerodinamici.

Le potenzialità di sviluppo sono infatti legate alla ricerca di soluzioni tecniche originali da applicare su prototipi sempre più evoluti e di grandi dimensioni.

Nel grafico a lato si rilevano gli incrementi di potenza al crescere del diametro dei palloni e posizionati alla massima altezza possibile; i dati di riferimento sono ricavati dalla tabella di calcolo (secondo allegato).

Nella simulazione si evidenzia come **un singolo elemento** aerostatico con palloni di 12 metri di diametro e posizionato a 1 Km di altitudine, può produrre, su base annua, una potenza disponibile di **556 Mw/h**, in grado di alimentare il fabbisogno di circa **700 persone** e permettendo un risparmio di emissioni pari a **400 tonnellate di CO2**.

Da un **punto di vista paesaggistico**, lo stesso modulo di cui sopra non ha nessun impatto evidente; la grandezza apparente di un oggetto viene infatti percepita dall'occhio umano in funzione della sua dimensione (D) e dalla sua distanza (d); questa grandezza apparente viene

data dall'angolo visuale misurato in radianti (RAD) calcolato dal rapporto D/d moltiplicato per $360/2\pi$.

Riferendoci ad modulo aerostatico con palloni di 12 metri di diametro, l'angolo sotto il quale si vede il rispettivo paracadute di 19 metri di diametro a 1.000 m di altezza è quindi pari a 1,1 RAD. Per avere un'idea di cosa rappresenti questa grandezza apparente, occorre considerare che è la stessa percepita per una moneta da un Euro (diametro 23 mm) posta a 1,2 metri di distanza ($0,023$ diviso $1,1$ moltiplicato per $360/2\pi$).

La grandezza apparente di cui sopra viene percepita da un osservatore posto al suolo e sulla verticale del modulo aerostatico nel punto a lui più vicino: è evidente che per distanze superiori la visibilità tende a ad essere impossibile ad occhio nudo; facendo l'esempio di una distanza dell'osservatore di 5 Km dall'impianto, la percezione **equivale alla stessa moneta da un Euro posta a più di 6 metri di distanza**.

La tecnologia TWIND può essere anche intesa come tecnologia volta alla generazione di energia rinnovabile nel contesto di **parchi eolici** di media estensione dove la potenza generata risulta essere la semplice sommatoria di tutte le unità installate.

Per la realizzazione del primo impianto pilota, sono state individuate tre aree di lavoro così di seguito definite:

Area sviluppo aerodinamico

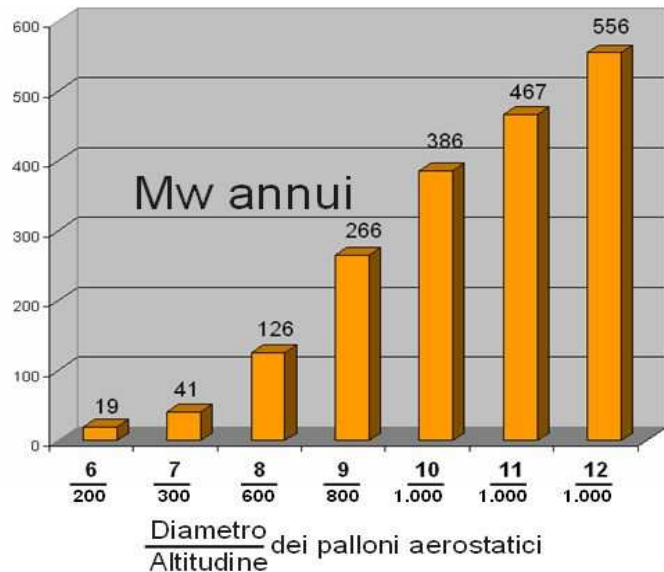
Questa attività è focalizzata sulla realizzazione del modulo aerostatico dimensionando i vari componenti e rendendoli tra loro compatibili. In particolare viene studiato l'accoppiamento tra pallone e paracadute valutando le forme e i materiali più idonei per il funzionamento.

Area sviluppo servomeccanismi

Questa attività riguarda l'individuazione delle migliori soluzioni tecniche necessarie per l'aggancio ed il distacco del modulo di scorrimento dal punto di aggancio sul cavo e dal foro apicale del paracadute. E' in questa area che si realizza anche la componente di controllo radiocomandata dei servomeccanismi, la loro alimentazione e la programmazione sincronizzata delle diverse fasi di funzionamento.

Area della piattaforma a terra

Questa attività riguarda la progettazione della struttura dalla quale parte il cavo verso il modulo aerostatico; oltre al già descritto elemento di accumulazione di energia potenziale gravitazionale, in questo sviluppo viene realizzata la guida del cavo, la demoltiplica di accoppiamento tra il generatore e la bobina del cavo e l'intera parte elettrica di comando del sistema e di generazione.

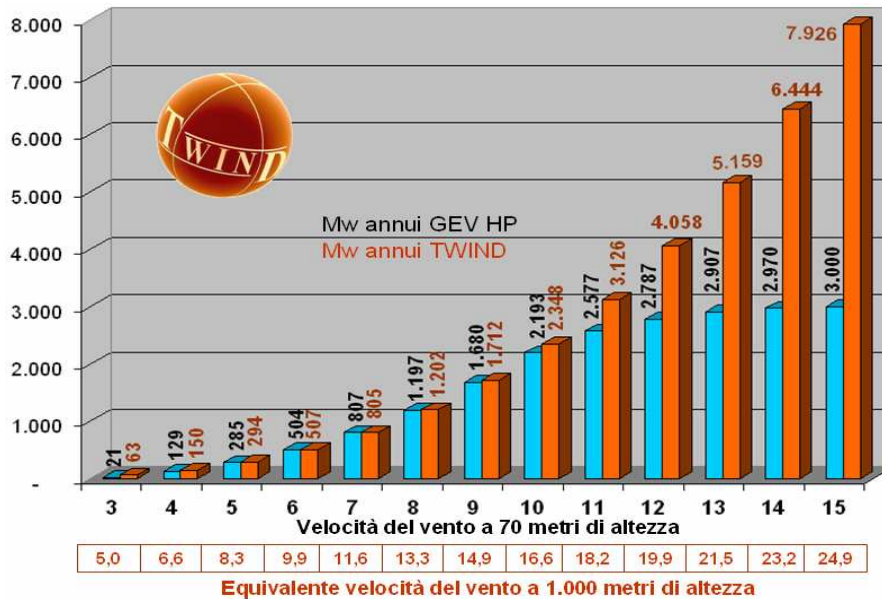


www.twind.eu

per informazioni sul progetto Twind contattare la segreteria della Zanettistudios S.r.l.
- tutti i riferimenti al sito Internet www.zanettistudio.com -

TABELLA DI CALCOLO PER IL CONFRONTO TWIND Vs GENERATORE EOLICO TRADIZIONALE

DATI UFFICIALI VERGNET	Velocità del vento (m/s) a 70 metri dal suolo	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
	Potenza Kw	7	43	95	168	269	399	560	731	859	929	969	990	1000
Turbina VERGNET mod. GEV HP 1MW con rotore di 62 metri di diametro a 70 m di altezza	Potenza annua (MWh) per 3.000 ore annue	21	129	285	504	807	1.197	1.680	2.193	2.577	2.787	2.907	2.970	3.000
	Corrispondente velocità del vento (m/s) a 1 Km dal suolo (c=0,20)	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17,0	18,7	20,4	22,1	23,8	25,5
TWIND - Modulo con due palloni di 12 metri di diametro a 1 Km di quota	Potenza annua (MWh) per 6.900 ore annue	63	150	294	507	805	1.202	1.712	2.348	3.126	4.058	5.159	6.444	7.926



Ø Pallone (m)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Quantità di gas elio x singolo pallone (m³)	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
Portanza singolo pallone (Kg)	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008
Superficie frontale singolo pallone (m²)	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
Superficie singolo pallone (m²)	452	452	452	452	452	452	452	452	452	452	452	452	452	452
Peso singolo pallone (0,267Kg/m²)	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
Diametro paracadute (m)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Superficie paracadute (m²)	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
Peso paracadute (0,230Kg/m²)	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Peso parti varie di struttura modulo (Kg)	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Portanza residua del modulo prima del cavo (Kg)	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487	1487
Lunghezza (m) max cavo (0,267 Kg/m)	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569	5.569
Corsa lineare del modulo (m)	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410
Tempo di percorrenza della corsa lineare (min)	4,6	3,5	2,8	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9
Lunghezza del cavo (m)	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729	1.729
Portanza residua del modulo (Kg)	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
Altitudine (m)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Densità aria (q/m³)	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117
Velocità del vento (m/s)	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17,0	18,7	20,4	22,1	23,8	25,5	25,5
Ore annue di vento	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900
FASE ATTIVA														
Cx a paracadute APERTO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Watt al m2 (0,5*p*v³/Cx)	74	175	343	592	940	1403	1998	2741	3648	4736	6022	7521	9251	9251
Superficie esposta (m²)	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
Kw su elemento aerostatico APERTO	20,6	48,9	95,5	165,0	262,0	391,0	556,7	763,7	1016,5	1319,7	1677,9	2095,6	2577,5	2577,5
Ore di esposizione al vento (50%)	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450
Mwh annuali (Kw*ore di esposizione)	71	169	329	569	904	1.349	1.921	2.635	3.507	4.553	5.789	7.230	8.892	8.892
FASE PASSIVA														
Cx a paracadute CHIUSO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Watt al m2 (0,5*p*v³/Cx)	15	35	69	118	188	281	400	548	730	947	1.204	1.504	1.850	1.850
Superficie esposta (m²)	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
Kw su elemento aerostatico APERTO	1,7	4,0	7,7	13,4	21,3	31,7	45,2	62,0	82,5	107,1	136,1	170,0	209,1	209,1
Ore di esposizione al vento (50%)	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450	3.450
Mwh annuali (Kw*ore di esposizione)	6	14	27	46	73	109	156	214	285	369	470	587	722	722
RENDIMENTO ENERGETICO														
Mwh fase attiva - Mwh fase passiva	65,4	154,9	302,6	522,9	830,4	1239,6	1764,9	2421,0	3222,4	4183,5	5319,0	6643,3	8171,0	8171,0
Perdita nella generazione elettrica (3%)	2,0	4,6	9,1	15,7	24,9	37,2	52,9	72,6	96,7	125,5	159,6	199,3	245,1	245,1
POTENZA EROGATA - Mwh annuali	63	150	294	507	805	1.202	1.712	2.348	3.126	4.058	5.159	6.444	7.926	7.926

TABELLA DI CALCOLO PER IL DIMENSIONAMENTO DEI MODULI AEROSTATICI

DATI DI BASE

	6	7	8	8	8	9	9	9	9	10	10	11	12
Ø Pallone (m)													
Quantità di gas elio (m ³)	113	180	268	268	268	382	382	382	382	523	523	697	904
Portanza pallone (Kg)	126	200	299	299	299	425	425	425	425	584	584	777	1.008
Superficie frontale pallone (m²)	28	38	50	50	50	64	64	64	64	79	79	95	113
Superficie pallone (m ²)	113	154	201	201	201	254	254	254	254	314	314	380	452
Peso pallone (0,267Kg/m ²)	30	41	54	54	54	68	68	68	68	84	84	101	121
Ø max paracadute (m)	9,4	11	13	13	13	14	14	14	14	16	16	17	19
Superficie max paracadute (m²)	70	95	124	124	124	157	157	157	157	193	193	234	279
Peso max paracadute (0,230Kg/m ²)	16	22	28	28	28	36	36	36	36	45	45	54	64
Peso parti varie di struttura modulo (Kg)	40	54	71	71	71	90	90	90	90	111	111	134	160
Portanza residua del modulo prima del cavo (Kg)	120	220	362	362	362	553	553	553	553	799	799	1.109	1.487
Lunghezza (m) max cavo (0,267 Kg/m)	448	825	1.357	1.357	1.357	2.071	2.071	2.071	2.071	2.994	2.994	4.152	5.570
Corsa lineare (m)	280	420	420	570	710	850	850	990	1.130	1.270	1.410	1.410	1.410
Tempo di percorrenza della corsa lineare (min)	0,7	0,9	0,9	1,2	1,4	1,6	1,6	1,7	1,9	2,1	2,1	2,2	2,2
Lunghezza del cavo (m)	344	516	696	868	868	1.040	1.040	1.212	1.385	1.557	1.557	1.729	1.729
Portanza residua del modulo (Kg)	28	82	224	176	130	84	275	229	183	384	384	647	1.026
Altitudine (m)	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Densità aria (g/m ³)	1,2017	1,1901	1,1787	1,1673	1,1560	1,1448	1,1337	1,1222	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117	1,1117
Velocità del vento (m/s)	6,7	7,5	8,1	8,7	9,1	9,5	9,9	10,2	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Ore annue di vento	3400	3800	4300	4700	5200	5600	6000	6400	6900	6900	6900	6900	6900
FASE ATTIVA													
Cx a paracadute APERTO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Watt al m ² (0,5*p*v ³ *Cx)	181	253	319	380	439	495	548	594	649	649	649	649	649
Superficie esposta (m ²)	70	95	124	124	124	157	157	157	157	193	193	234	279
Kw su elemento aerostatico APERTO	12,6	23,9	31,3	39	47	54	69	86	93	115	126	152	181
Ore di esposizione al vento (50%)	1.700	1.900	1.900	2.150	2.350	2.600	2.800	3.000	3.200	3.200	3.450	3.450	3.450
Mw/h annuali (Kw*ore di esposizione)	21	45	59	85	111	141	179	217	258	368	433	524	623
FASE PASSIVA													
Cx a paracadute CHIUSO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Watt al m ² (0,5*p*v ³ *Cx)	36,3	51	64	76	88	99	110	119	130	130	130	130	130
Superficie esposta (m ²)	28	38	50	50	50	64	64	64	64	79	79	95	113
Kw su elemento aerostatico CHIUSO	1,0	1,9	2,5	3,2	3,8	4	6	7	8	9	10	12	15
Ore di esposizione al vento (50%)	1.700	1.900	1.900	2.150	2.350	2.600	2.800	3.000	3.200	3.200	3.450	3.450	3.450
Mw/h annuali (Kw*ore di esposizione)	1,7	3,7	4,8	6,9	9,0	11,5	14,5	17,6	20,9	29,8	35,1	42,5	50,6
RENDIMENTO ENERGETICO													
Mw/h fase attiva - Mw/ h fase passiva	19,7	41,8	54,6	77,9	101,7	129,9	164,4	199,6	236,9	337,9	397,9	481,4	572,9
Perdita nella generazione elettrica (3%)	0,6	1,3	1,6	2,3	3,1	3,9	4,9	6,0	7,1	8,2	10,1	14,4	17,2
POTENZA EROGATA - Mw/h annuali	19,1	41	53	76	99	126	159	194	230	328	386	467	556