

UGO BARDI

ASPO - ASSOCIATION FOR THE STUDY OF PEAK OIL

DIPARTIMENTO DI CHIMICA DELL'UNIVERSITÀ DI FIRENZE, POLO SCIENTIFICO DI SESTO FIORENTINO

Prospettive dell'eolico di alta quota: una nuova fonte rinnovabile ad alta resa

La rivoluzione delle rinnovabili sta arrivando. Fra le tante indicazioni, il 2008 ha visto un nuovo e ulteriore giro di boa a favore delle rinnovabili: per la prima volta, secondo un recente rapporto di REN21 (Newswire 2009), la nuova potenza rinnovabile installata nel corso dell'anno ha superato quella di nuovi impianti a combustibili fossili. Con la crisi economica che si è aperta nel 2008 quasi tutti i settori sono in declino, ma quello delle rinnovabili rimane in crescita. Questa crescita sta avvenendo per tecnologie che possiamo definire ormai "tradizionali" (principalmente eolico, cresciuto del 29% nel 2008 e fotovoltaico, cresciuto del 70% nel 2008). Ma lo sviluppo delle rinnovabili è anche dovuto al rapido ed efficace trasferimento dell'innovazione tecnologica dal laboratorio alla linea di produzione. Questo trasferimento è graduale nel caso - per esempio - del fotovoltaico, ma promette

anche "salti quantici" di innovazione con miglioramenti sostanziali di prestazioni e di economicità. Uno di questi salti innovativi è l'*eolico di alta quota*, che permette di migliorare di ordini di grandezza il rapporto prestazioni/costi rispetto all'eolico tradizionale, oltre che a fornire energia in modo quasi continuativo e non intermittente. Prima di descrivere questa tecnologia, vediamo un breve riassunto della situazione delle rinnovabili.

Il termine "rinnovabili" include una notevole varietà di tecnologie. In maggioranza, le rinnovabili producono direttamente energia elettrica (eolico, fotovoltaico, ecc.); ma possono anche produrre combustibili in forma liquida (biocombustibili), o gassosa (biogas). Alcune rinnovabili seguono cicli giornalieri (fotovoltaico), altre cicli meteorologici (eolico), mentre in altri casi la potenza è disponibile "on demand" (idroelettrico e geotermico). Per tutte le

fonti, il parametro fondamentale è la resa energetica (EROI o EROEI, energy return for energy invested), che deve avere un valore maggiore di 1 (possibilmente molto maggiore di uno) per rendere la tecnologia interessante dal punto di vista economico (Bardi 2008). Il successo delle rinnovabili nel sostituire le fonti convenzionali in tempi sufficientemente brevi da contrastare l'esaurimento dei combustibili fossili dipende da vari fattori. Al momento, le tecnologie rinnovabili disponibili sul mercato hanno buone - in certi casi ottime - prestazioni su quasi tutti questi parametri, ma non c'è una tecnologia perfetta. Le "nuove rinnovabili" (eolico e solare fotovoltaico) hanno buone rese energetiche, ma non possono produrre in modo continuativo. L'idroelettrico e il geotermico richiedono particolari condizioni territoriali e, infine, le energie derivanti dalle biomasse hanno basse rese e - pertanto - richiedono grandi

estensioni di territorio. La disponibilità non continuativa di energia richiede una gestione ottimizzata della rete elettrica, la cosiddetta "rete intelligente". Tuttavia, anche in questo caso si pone la necessità di un "base load" che sia sempre disponibile anche in un futuro, in cui non si potrà più contare sulle energie fossili per questo scopo. Si potrebbe pensare al nucleare per questo scopo, ma l'energia nucleare è in declino produttivo ovunque, (World Nuclear News, 2008) ed è comunque basata su una fonte minerale che esiste in quantità finita.

Per questa ragione, una fonte energetica rinnovabile con buona resa che fosse disponibile in modo continuativo, o quasi continuativo, troverebbe rapida applicazione nell'attuale tendenza di sviluppo delle rinnovabili. Una possibilità sono i sistemi solari a concentrazione, detti a volte "solare termodinamico", dove l'energia potrebbe essere accumulata come energia termica in grandi masse di sali fusi. Questo tipo di impianti, tuttavia, è complesso e costoso. Una tecnologia più semplice, con queste caratteristiche di continuità produttiva, potrebbe essere l'eolico di alta quota, ormai in uno stadio avanzato di sviluppo e prototipazione.

I concetti che stanno alla base dell'eolico di alta quota sono due: il primo è che a quote relativamente alte (parecchie centinaia di metri) il vento è quasi costante e questo garantisce la possibilità di una produzione quasi continuativa di energia. Il secondo è che la velocità del vento aumenta con l'altezza secondo un esponente (detto "esponente di Hellman") che è circa 1/7. Ma l'energia contenuta in una massa d'aria in movimento aumenta con il cubo della velocità. Ovvero, raddoppiando la velocità del vento, l'energia in gioco aumenta di un fattore 8. Questo fattore di incremento si potrebbe ottenere se pensiamo che la velocità media del vento è dell'ordine dei 3-4 metri al secondo a 10-20 metri di altezza, mentre la si può stimare intorno al doppio, ovvero oltre 7 m/s a 800 metri di altezza. Ma, ovviamente, non sarebbe mai possibile realizzare torri di sostegno di quelle dimensioni, sia per la resistenza finita dei materiali agli sforzi, sia per la possibilità di cedi-

menti strutturali dovuti a improvvisi colpi di vento. Il sostegno statico delle turbine eoliche non può raggiungere altezze superiori a – circa – un centinaio di metri.

Le limitazioni del sostegno statico hanno portato a proporre un gran numero di sistemi dove si fa a meno del palo di sostegno e si va a raccogliere il vento in quota. Ci sono due possibili metodi: uno è quello aerostatico (palloni) e l'altro quello aerodinamico (aquiloni).

Dei due metodi, quello aerostatico è – per il momento – principalmente allo stadio di proposte preliminari. L'idea è di utilizzare la spinta di sollevamento di un pallone aerostatico per portare in quota una turbina eolica. Il pallone dovrebbe essere ancorato al suolo sia per poter sfruttare il vento, sia per poter inviare al suolo l'energia prodotta.

Ci sono notevoli problemi di gestione nel mantenere un pallone aerostatico in quota in presenza di forti venti. Inoltre, se si usa elio come gas di sollevamento ci sono costi elevati, come pure il problema dell'utilizzo di una materia prima non rinnovabile: l'elio stesso.

Tuttavia, esiste perlomeno una ditta (www.Magenn.com) che propone una turbina eolica basata su un pallone a elio e sostiene che potrebbe essere disponibile sul mercato entro il 2010.

Più interessante è il sistema aerodinamico, che evita il costo e la complicazione dei palloni aerostatici. Qui, la portanza necessaria è ottenuta a spese del vento stesso, utilizzando l'aerodinamica del sistema. Ci sono state molteplici proposte in questo campo. Una delle prime versioni (proposta da Bryan Roberts, Sidney, Australia) presuppone l'uso di oggetti simili a elicotteri che userebbero un rotore per generare portanza e, allo stesso tempo, produrre energia che sarebbe trasmessa a terra per mezzo di un cavo. Queste proposte sono rimaste per ora allo stadio concettuale. Più avanzato è il concetto di "laddermill" (letteralmente "mulino a scala") di Wubbo Ockels, dell'università di Delft. L'idea è di sfruttare la portanza di un gruppo di aquiloni, una vera e propria "scala" di aquiloni che trascinano un cavo connesso a un generatore di corrente a terra.

Il sistema eolico di alta quota più avan-

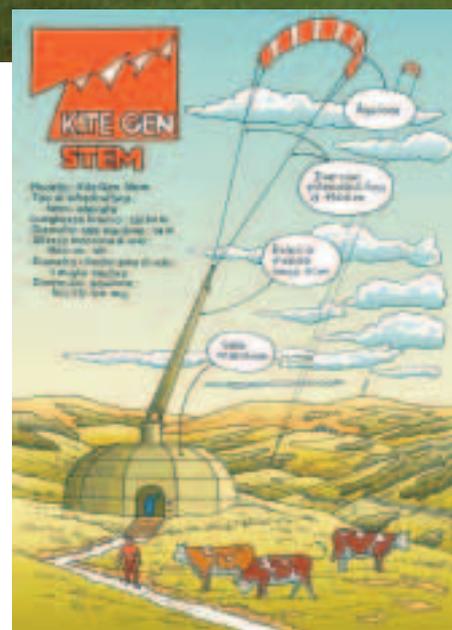
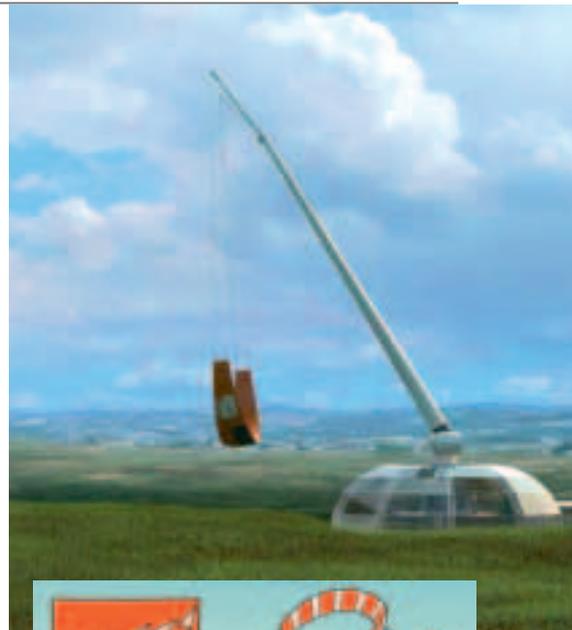


Figura 1

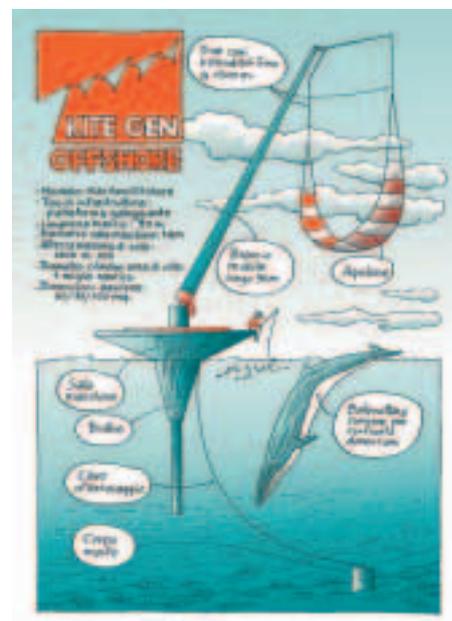


Figura 2



Figura 3

zato e innovativo è probabilmente quello detto "kitegen", nelle sue varie versioni. L'idea è stata proposta per la prima volta da Massimo Ippolito (www.kitegen.com). Si basa su un controllo del movimento di aquiloni molto semplici, che vengono operati in modalità "dinamica", ovvero spazzando il fronte del vento su un'area vasta. Un aquilone che vola a 70-80 m/secondo corrisponde alla velocità raggiunta dalle turbine convenzionali soltanto all'estremità delle pale. Un sistema del genere è in sostanza composto di sole ali e generatore, quest'ultimo convenientemente posizionato a terra. Il sistema kitegen esiste in varie versioni. La più semplice è detta "kite-tower", o "stem" (figura 1) e consiste di un singolo aquilone (o al massimo due) connessi a un generatore al suolo. L'energia viene fornita per trazione nella fase di salita dell'aquilone. Quando i cavi vengono riavvolti, l'aquilone viene posto in una posizione che offre la minima resistenza al vento. Due stem che operano in fasi opposte (salita e discesa) possono fornire energia a potenza quasi costante lungo tutto l'arco della giornata. Questo sistema può anche essere operato offshore (figura 2). Un certo numero di questi sistemi forma una "wind farm" innovativa, con densità di potenza molto superiori a quella delle wind farm basate su generatori tradizionali.

Nella sua forma più grande, il kitegen è stato progettato come "carousel" (figura 3); un sistema in cui l'energia del vento non viene sfruttata per trazione

verso l'alto, ma per trazione di un carosello che si muove su rotaie. Questo oggetto potrebbe essere molto grande e generare potenze dell'ordine di 1 GW. Queste potenze sono dello stesso ordine di quelle prodotte da una centrale nucleare, ma ottenibili con costi enormemente minori e senza le complicazioni strategiche e ambientali associate alle centrali nucleari.

Anche senza andare al sistema carousel, il sistema stem, già provato allo stadio prototipale, offre la possibilità di generare energia a potenze quasi costanti, a un prezzo stimato di circa 50 euro/MWh, ovvero 5 eurocent/kWh – un valore estremamente competitivo rispetto a quasi qualunque tecnologia esistente. Sistemi ottimizzati per il futuro promettono valori dei prezzi anche 10 volte più bassi. Il concetto di kitegen risulta anche estremamente vantaggioso in termini di resa energetica (EROEI) dove – secondo alcuni calcoli preliminari – si potrebbe attestare su valori stimati dell'ordine di 20-50, ovvero ben superiori a quelli della maggior parte delle tecnologie disponibili per la produzione di energia.

Il concetto di eolico di alta quota promette di essere veramente rivoluzionario per lo sviluppo dell'energia rinnovabile e per il superamento dell'attuale crisi di disponibilità di combustibili fossili. Dobbiamo però ricordarci che nessuna tecnologia può invertire le leggi della termodinamica. Il kitegen è un modo efficiente per sfruttare l'energia

solare in forma di vento. Ma questa energia è comunque limitata. Non che il problema si ponga a tempi brevi; per il momento l'energia del vento è abbondante e solo in attesa che si vada a sfruttarla. Il totale dell'energia solare che arriva sulla superficie corrisponde a circa 85000 TW; di questi, circa 3500 TW (ovvero meno del 5%) sono trasformati in energia eolica nell'atmosfera. Ma il totale dell'energia primaria generato dall'attività umana corrisponde a una potenza di solo di 15 TW. Ovvero, sarebbe sufficiente sfruttare meno dell'1% di questa energia per soddisfare tutte le attuali necessità energetiche. In effetti, è stato stimato (Archer 2005) che anche la sola potenza eolica a altezze raggiungibili mediante torri è dell'ordine di 70 TW e quindi sarebbe sufficiente per le necessità energetiche umane, con un rendimento di conversione dell'ordine del 20%. Ma questo vorrebbe dire riempire il pianeta di torri eoliche, mentre l'impatto di sistemi ad alta quota sarebbe molto minore. Inoltre, il limite ultimo della quantità di energia prodotta da sistemi ad alta quota sarebbe molto maggiore.

I sistemi eolici di alta quota rappresentano un'innovazione di rottura ("breakthrough") nel panorama delle energie rinnovabili che promette di rivoluzionare la questione della produzione di energia mondiale.

Un loro uso eccessivo potrebbe alterare la distribuzione dei venti e avere effetti sul clima terrestre. Tuttavia, non è impossibile pensare a produrre energia con questi sistemi per fattori anche 10 volte superiori all'attuale, senza alterare gli ecosistemi terrestri. ■

L'autore ringrazia Sequoia Automation per le figure fornite e Massimo Ippolito per il suo supporto nella stesura di questo articolo.

BIBLIOGRAFIA

- Archer, C. 2005, http://www.stanford.edu/group/efmh/winds/global_winds.html
- Bardi, U., 2009 "L'innovazione tecnologica nella diffusione delle rinnovabili" - Italia Energia 2008, p. 218
- Newswire 2008 <http://www.ens-newswire.com/ens/may2009/2009-05-13-01.asp>
- World Nuclear News 2009. http://www.world-nuclear-news.org/NP-Nuclear_generation_drops_in_2007-0906085.html