



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI
"MARCO FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA INTERNAZIONALE
L-33 Classe delle lauree in SCIENZE ECONOMICHE

Tesi di laurea

**ENERGIE RINNOVABILI: INCENTIVARE LO SVILUPPO
DELL'ENERGIA EOLICA PER COMBATTERE IL
SURRISCALDAMENTO GLOBALE**

***RENEWABLE ENERGIES: PROMOTING WIND POWER
DEVELOPMENT TO FIGHT GLOBAL WARMING***

Relatore:
Prof. FONTINI FULVIO

Laureando:
FABRIS GIULIA

Anno Accademico 2015-2016

Indice

Introduzione.....	pag 5
Capitolo 1 – L’energia eolica: un quadro generale.....	pag 7
1.1 Che cos’è l’energia eolica.....	pag 7
1.2 La storia.....	pag 9
Capitolo 2 – Sviluppo e produzione.....	pag 12
2.1 Incentivi e sussidi per lo sviluppo.....	pag 12
2.2 Benefici.....	pag 14
2.3 Svantaggi e impatto ambientale.....	pag 16
Capitolo 3 – La produzione di energia eolica in Texas.....	pag 18
3.1 Capacità e produzione energetica.....	pag 18
3.2 Misurazione dei benefici.....	pag 21
Capitolo 4 – L’energia eolica in Italia.....	pag 29
4.1 Distribuzione dei parchi eolici e incentivi.....	pag 29
4.2 Principali parchi eolici e il problema della mafia.....	pag 31
Bibliografia.....	pag 34
Sitografia.....	pag 35

Introduzione

L'energia eolica è un tema di attualità che ha visto negli ultimi anni un'ampia crescita dovuta all'aumento delle emissioni di gas serra da parte dei combustibili fossili, che stanno provocando il surriscaldamento globale. Caratteristica tipica di questa fonte di energia rinnovabile è la capacità di non emettere quegli inquinanti, come l'anidride carbonica (CO₂), l'ossido di azoto (NO_x) e l'anidride solforosa (SO₂), comuni a tutti i generatori convenzionali; è abbondante, pulita, rinnovabile, non richiede ampie superfici di terra ed è a sostegno dell'economia verde.

Grazie all'abbattimento dei costi di produzione e a sussidi emanati dai vari governi, lo sviluppo dell'energia eolica può ridurre l'inquinamento compensando la produzione di energia dei combustibili fossili, e quest'ultimi vedrebbero diminuire il loro output; si è arrivato così a pensare che senza l'aiuto dei sussidi statali non sarebbe stato facile installare generatori eolici.

Date le numerose conferenze sui cambiamenti climatici che dimostrano che il mondo sta cambiando in negativo a causa delle numerose emissioni di gas serra da parte delle nazioni, questo documento vuole analizzare i benefici prodotti dall'energia eolica e dimostrare che conviene adottare questa forma di energia pulita, in quanto ridurrebbe le emissioni di tutti quegli inquinanti responsabili della distruzione del nostro pianeta e che vengono introdotti nell'ambiente dai combustibili fossili e dal nucleare.

Nel primo capitolo viene descritto un quadro generale dell'energia eolica, dando una definizione più approfondita, analizzando la sua storia e il notevole sviluppo dell'ultimo decennio.

Nel secondo capitolo viene analizzato l'effetto dell'introduzione di sussidi da parte di numerosi governi per avvantaggiare l'installazione di pale eoliche, che avrebbero sostituito i normali generatori di elettricità; inoltre si cerca di comprendere i benefici prodotti da questo tipo di energia rinnovabile e l'impatto ambientale che i parchi eolici possono provocare.

Nel terzo capitolo è analizzato lo studio effettuato da Joseph Cullen che, basandosi sulle ricerche effettuate dal "Electricity Reliability Council of Texas", stima i vari benefici prodotti dall'energia eolica durante l'arco di tempo preso in considerazione, facendo un paragone con le

altre fonti di energia quali il nucleare, il carbone, il gas naturale, ecc., e successivamente vengono calcolate le emissioni delle varie tecnologie e il loro valore monetario.

Nell'ultimo capitolo si analizza la situazione dei parchi eolici in Italia e l'importanza che essi riscontrano a livello nazionale; infine, viene introdotto il problema della mafia che negli ultimi anni è spesso collegato allo sfruttamento dell'energia verde per fini illegali.

Capitolo 1

L'energia eolica: un quadro generale

1.1 Che cos'è l'energia eolica

L'energia eolica è una fonte di energia rinnovabile che trasforma la potenza del vento in energia mediante l'utilizzo di pale eoliche, chiamate anche aerogeneratori, che producono energia elettrica. Questi sistemi, solitamente, sono costituiti da due parti: una parte meccanica che ha il compito di trasformare la forza del vento in un movimento rotatorio rispetto ad un asse, ed una parte elettromeccanica che trasforma il movimento rotatorio in energia elettrica, la quale viene poi messa in rete; questi due componenti sono denominati pala e generatore. Gli impianti possono essere ad asse verticale, caratterizzati da efficienza maggiore ed in genere sono più costosi; questi aerogeneratori hanno una quantità di parti mobili ridotte che conferisce un'alta resistenza alle forti raffiche di vento. Oppure possono essere ad asse orizzontale in cui il rotore si orienta in base alla direzione del vento per garantire un rendimento costante ed elevato e sono i più diffusi.¹

L'energia eolica è una fonte di energia che sostituisce l'utilizzo dei combustibili fossili, è abbondante, distribuita in tutto il mondo, non genera emissioni di gas serra responsabili del surriscaldamento globale. Gli effetti sull'ambiente sono di solito meno problematici rispetto a quelli causati da altre fonti di energia.

A differenza dell'eolico, le energie tradizionali sono generate da fonti esauribili come il carbone, il metano, il petrolio, ecc. e sono disponibili in quantità limitate. Se in passato i combustibili fossili hanno contribuito a migliorare la qualità della vita dell'uomo, oggi invece è indispensabile ridurre gli effetti negativi che stanno causando il cambiamento climatico. Ecco perché si cerca di promuovere l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili quali l'energia eolica, l'energia solare, l'energia geotermica, ecc. Inoltre l'energia eolica rappresenta una garanzia alle continue

¹ <http://www.saterd.com/eu/?p=179>

fluttuazioni che caratterizzano il mercato delle materie prime, i cui prezzi aumentano o diminuiscono a seconda dell'offerta.

I grandi parchi eolici sono caratterizzati da centinaia di singoli aerogeneratori collegati alla rete di trasmissione di energia elettrica, la cui area adiacente può essere utilizzata per scopi diversi, come l'allevamento o l'agricoltura. L'eolico off-shore (Figura 1) è più efficiente, fornisce più energia e crea un minor impatto ambientale, però i costi di costruzione e manutenzione sono maggiori dato che non si trovano sulla terra ferma; infatti, sono situati ad alcune miglia dalla costa di mari o laghi, per meglio sfruttare la potenza del vento. In Norvegia si trova il più grande impianto eolico off-shore al mondo, che fornisce 1.5 gigawatt di potenza elettrica. Gli impianti on-shore (Figura 2), invece, sono di dimensioni minori e possono fornire elettricità anche a luoghi isolati, sono generalmente posizionati su colline, alture o luoghi in zone aperte e ventose; inoltre sono sempre di più le società elettriche che acquistano elettricità in eccesso prodotta da piccoli aerogeneratori domestici. I più grandi parchi eolici on-shore operativi si trovano negli Stati Uniti.²

Figura 1



² Paul Gipe, *The Wind Industry's Experience with Aesthetic Criticism*, Leonardo, JSTOR 1575818.

Figura 2



1.2 Storia

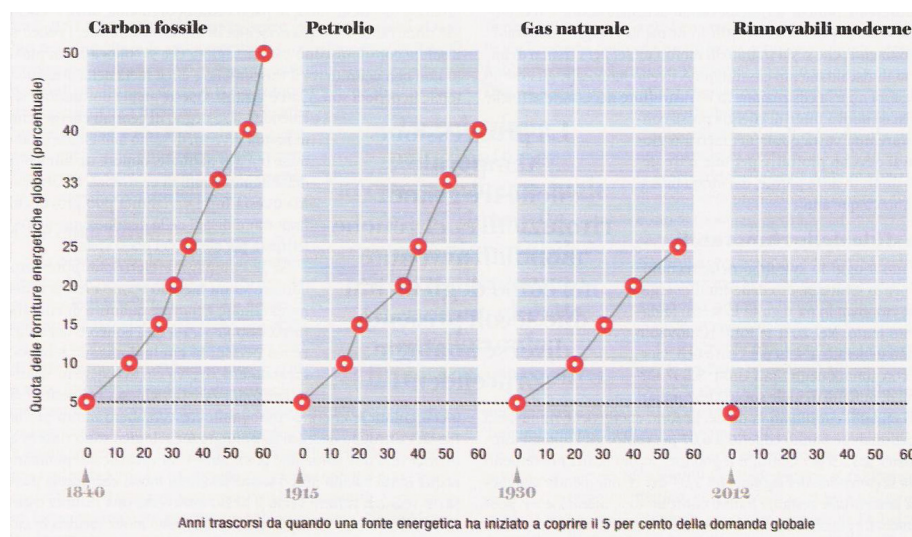
Per migliaia di anni l'uomo ha sempre sfruttato l'energia del vento per trasportare merci sulle vie marittime o per macinare il grano. Il vento è stata l'unica fonte di energetica pulita utilizzata nel settore dei trasporti prima dell'invenzione della macchina a vapore del XVIII secolo. L'energia eolica è uno dei simboli principali dei Paesi Bassi, infatti furono i primi a costruire i mulini a vento che, grazie alla forza del vento che faceva muovere le pale, pompavano l'acqua dalle dighe. Con l'invenzione della macchina a vapore, l'energia del vento viene sostituita con l'uso del carbone; lo stesso accade nella navigazione, dove le vele delle navi vengono sostituite dalle caldaie sempre alimentate con questo nuovo combustibile fossile, che permetteva di produrre energia in modo costante e indipendentemente dalle condizioni atmosferiche.³

Come dimostrato nella Figura 3, che rappresenta la crescita delle varie fonti di energia nel XX° secolo, la percentuale delle forniture energetiche globali delle fonti di energia rinnovabili moderne, tra cui quella eolica, era pressoché nulla a differenza degli altri combustibili; infatti solo dopo il 2012 sono riuscite a raggiungere la soglia del 5% del fabbisogno globale. Possiamo notare che il carbon fossile ha avuto una crescita esponenziale a partire soprattutto dagli anni '30, fino ad arrivare a coprire il 50% della fornitura mondiale intorno agli anni '60.

³ <http://www.okpedia.it/storia-energia-eolica>

Anche il petrolio e il gas naturale ebbero la loro considerevole importanza nel XX° secolo, infatti fu intorno agli anni '60/'70 che il petrolio iniziò a soppiantare l'uso del carbone fossile e all'inizio del XXI° secolo ricopriva il 90% del fabbisogno energetico.

Figura 3



Fonte: Vaclav Smil in *Le Scienze*, Aprile 2014.

Con l'inizio del nuovo millennio, la capacità mondiale di energia eolica installata è quadruplicata; infatti nel 2005 la nuova potenza installata è stata di 11,000 megawatt, nel 2006 di 15,000 e nel 2007 di 20.000 megawatt. Il 2008, anno noto a tutti a causa dell'inizio della crisi mondiale, è stato per l'energia eolica un anno da record, in quanto fu installata una potenza di 27,000 megawatt in tutto il mondo, producendo l'1,5% del fabbisogno mondiale di energia.⁴

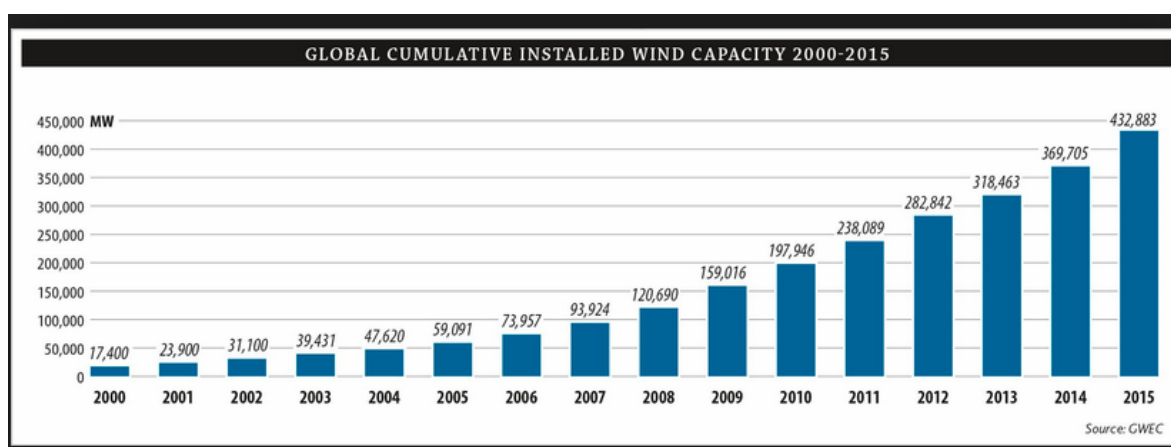
Stati Uniti e Cina sono due nazioni che detengono il primato nell'impiego e nella produzione di energia eolica; nel 2012 entrambe le nazioni hanno installato una potenza di circa 13 Gigawatt. Anche nei paesi in via di sviluppo dell'America Latina grazie a Enel Green Power, una multinazionale italiana che si occupa della produzione di energia elettrica derivata da fonti rinnovabili, è stata prodotta nel 2014 una potenza derivante dall'eolico di 1.2 GWh. In India il governo prevede un investimento di 8 miliardi di dollari per cercare di portare energia elettrica a più persone possibili entro il 2017, dato che 300 milioni non ne hanno accesso. In Europa

⁴ 120 Gigawatt of wind turbines globally contribute to secure electricity generation, wwinda.org.

continuano le installazioni di impianti eolici soprattutto in Germania e in Spagna, ma a differenza di altri continenti, sta prendendo piede il mercato off-shore.⁵

Come possiamo notare dalla Figura 4, negli ultimi 15 anni la crescita mondiale della capacità eolica installata è stata esponenziale. Siamo partiti da 17,400 MW all'inizio del nuovo millennio a una potenza pari a 432,883 MW nel 2015. Il 2008, come affermato in precedenza, non è stato un anno di regressione, ma ha visto aumentare l'installazione di impianti eolici nonostante si possa pensare che, a causa della crisi, i fondi a disposizione per la crescita delle fonti di energia rinnovabili potessero essere minori rispetto agli anni precedenti. Ciò infatti non ha ostacolato l'avanzata dello sviluppo eolico che ha proseguito la sua crescita e per ogni anno successivo è stata installata una potenza di almeno 35,000 MW fino ad arrivare al 2014, anno record in quanto l'energia eolica subisce un salto di più di 50,000 MW di capacità eolica installata. Cresce così sempre di più il numero di paesi che stanno utilizzando questo tipo di energia rinnovabile.

Figura 4



Fonte:GWEC

⁵ <http://www.fotovoltacosulweb.it/guida/cifre-da-record-per-l-energia-eolica-nel-mondo.html>
<http://www.fotovoltacosulweb.it/guida/l-energia-eolica-nel-mondo-e-in-italia.html>

Capitolo 2

Sviluppo e produzione

2.1 Incentivi e sussidi per lo sviluppo

L'energia eolica rappresenta una piccola parte della capacità totale della produzione di energia elettrica. I fattori principali che hanno caratterizzato l'espansione dell'eolico sono:

- lo sviluppo della tecnologia che ha fatto diminuire i costi dell'energia eolica di circa l'80% negli ultimi trenta anni;
- programmi statali e federali che hanno contribuito al supporto dell'eolico.¹

Negli Stati Uniti, ad esempio, i proprietari terrieri ricevono dai 3.000 ai 5.000 dollari circa all'anno per ogni turbina eolica posizionata sul territorio di loro proprietà; ciò non impedisce agli agricoltori di poter continuare a coltivare o a pascolare il bestiame nei pressi delle turbine. E' importante tener presente che l'industria eolica statunitense produce miliardi di dollari di attività economica e decine di migliaia di posti di lavoro.²

L' "Environmental Law Institute" ha effettuato nel 2009 uno studio³ che stima la dimensione e la struttura dei sussidi emanati dal governo statunitense; da quest'analisi è emerso che tra il 2002 e il 2008 sono stati emanati sussidi pari a 72 miliardi di dollari destinati ai combustibili fossili, mentre quelli destinati alle fonti di energia rinnovabili erano di 29 miliardi; per quanto riguarda l'energia nucleare, lo stato ha stanziato 74 miliardi di dollari tra il 1973 e il 2003. A questo punto si può azzardare un'ipotesi: se i sussidi fossero spostati dalle materie prime alle fonti di energia rinnovabili, allora l'utilizzo dell'energia eolica, solare, geotermica, ecc, aumenterebbe. Risulta a questo punto scontato affermare che nessun settore energetico abbia visto il proprio sviluppo senza l'aiuto di sovvenzioni.

¹ Measuring the Environmental Benefits of Wind-Generated Electricity, American Economic Journal: Economic Policy 2013, 5(4):107-133

² Strengthening America's Energy Security with Offshore Wind, U.S. Department of Energy, febbraio 2011.

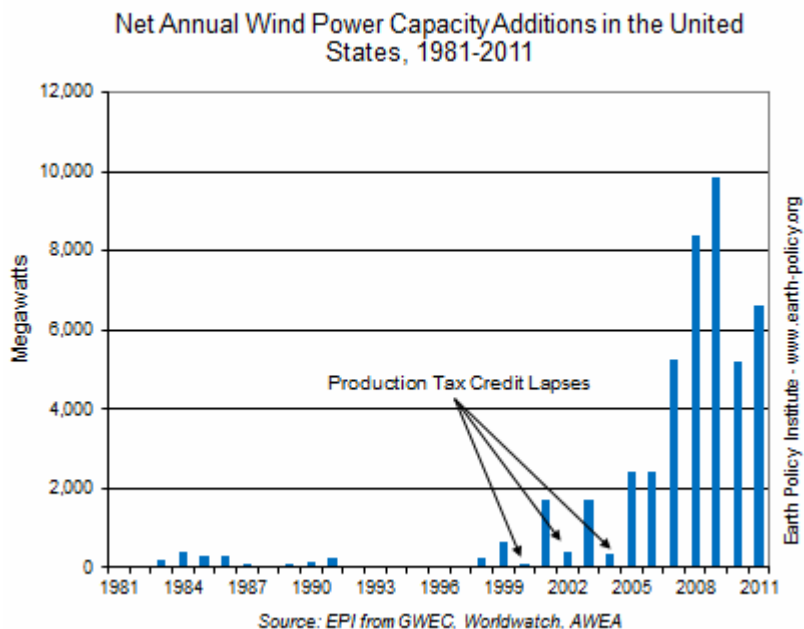
³ Pernik, Ron and Wilder, Clint (2007). The Clean Tech Revolution: The Next Big Growth and Investment Opportunity, p. 280.

I sussidi a sostegno dell'energia eolica negli Stati Uniti sono uno di tipo statale, "Renewable Portfolio Standards" (RPS), e uno di tipo federale, "Production Tax Credit" (PTC); entrambi sono sussidi a sostegno dell'output piuttosto che degli investimenti. Generalmente i benefici provenienti dall'RPS variano a seconda dello stato, mentre quelli federali garantiscono \$20 per MWh per la produzione di energia derivante dagli impianti eolici.

L'estensione del sussidio PTC è fondamentale per lo sviluppo dell'industria statunitense, in quanto vanta più di 400 fabbriche per la produzione di turbine e offre lavoro a circa 75,000 persone. Stabilendo un RPS nazionale o una tassa sul carbonio, incoraggerebbe ancora di più l'installazione di impianti eolici per la produzione di energia.

Come dimostra la Figura 5, che analizza la capacità annuale dell'energia eolica negli Stati Uniti, ci fa notare che nel 2000, 2002 e nel 2004, ci fu un improvviso calo dell'installazione di nuovi parchi eolici e ciò coincideva con lo scadere del sussidio nell'anno precedente. Infatti alla fine del 1999, del 2001 e del 2003, il sussidio ha terminato la sua validità e fu rinnovato con un ritardo che va dai tre ai dieci mesi. Questo ha comportato l'arresto del settore del rinnovabile in quanto i fondi per lo sviluppo erano insufficienti.⁴

Figura 5



Fonte: Earth Policy Institute from GWEC

⁴ http://www.earth-policy.org/data_highlights/2012/highlights27

Come sostiene l'American Wind Energy Association, le sovvenzioni non devono essere tolte ma: "L'energia eolica è sempre più a costi competitivi in varie parti degli Stati Uniti, ma abbiamo bisogno di stabilità, di una politica prevedibile per continuare a portare questo beneficio per il consumatore in ogni angolo del Paese."⁵

2.2 I benefici

Come abbiamo già detto in precedenza, l'energia eolica non produce alcuna emissione di CO₂, NO_x e SO₂, è priva di tutti gli elementi inquinanti che caratterizzano le centrali a combustibile fossile e quelle nucleari; senza alcun dubbio questo risulta essere il beneficio più importante che deriva dall'energia eolica.

Il vento, che ci permette di generare energia, è gratis, liberamente disponibile, inesauribile e si rinnova in continuazione; a differenza dei combustibili fossili, non deve essere estratto o portato alla centrale elettrica e non è soggetto a fluttuazioni di prezzi.

Altra caratteristica è la non rumorosità delle turbine eoliche; infatti gli impianti possono essere anche posizionati nei pressi di centri urbani o aree densamente popolate, se le condizioni climatiche sono particolarmente favorevoli a permettere la nascita di un parco eolico.

Un altro grande vantaggio è rappresentato dalla decentralizzazione della fonte, ovvero in caso di catastrofi naturali che possono verificarsi, come terremoti, temporali, eruzioni vulcaniche, ecc., la rete elettrica della centrale eolica continuerebbe a funzionare senza essere interrotta. Questo garantisce maggior resistenza, stabilità e sicurezza.

L'aumentare dell'utilizzo dell'energia eolica può essere d'aiuto a numerosi Paesi che dipendono da fonti energetiche straniere; lo sviluppo delle fonti rinnovabili comporterebbe una riduzione delle importazioni di petrolio, gas naturale e carbone, trasformandosi in un miglioramento della bilancia dei pagamenti e una maggiore sicurezza a causa dell'aumento delle incertezze sulle risorse energetiche esauribili globali.⁶

A metà degli anni 2000 l'energia eolica ha raggiunto la grid parity, ovvero il livello in cui l'energia elettrica prodotta da fonti di energia rinnovabili (eolico, solare, ecc) ha lo stesso prezzo dell'energia tradizionale prodotta da fonti di energia tradizionali, cioè i combustibili fossili e il nucleare. I costi di produzione dell'energia eolica tendono a ridursi ulteriormente

⁵ <http://www.greenstyle.it/rinnovabili-eolico-e-solare-competitivi-senza-sussidi-negli-usa-165290.html>

⁶ <http://www.ecologismo.it/i-vantaggi-dell-energia-eolica>

grazie alla miglitoria delle tecnologie delle turbine e così anche i costi di manutenzione degli impianti. Il costo medio stimato per unità comprende il costo di costruzione degli impianti di trasmissione e delle turbine, i costi per la manutenzione dell'impianto che ha una vita di 20 anni circa, il costo del reperimento dei fondi e della tutela del rischio. Negli ultimi anni i costi dell'energia eolica sono diminuiti ancora, superando quelli legati alla produzione di energia tramite carbone; inoltre vi è una rapidità di consegna maggiore rispetto alle centrali tradizionali, infatti i produttori di apparecchiature possono consegnare i prodotti nello stesso anno in cui vengono ordinati invece di aspettare fino a tre anni come per le centrali tradizionali.⁷

Secondo una ricerca⁸ pubblicata da Greenpeace International e Global Wind Energy Council, l'energia eolica ricoprirà il 12% della domanda globale di energia elettrica entro il 2020 e il 22% entro il 2030. Essa rappresenterà una delle principali cause della riduzione delle emissioni inquinanti. La nuova potenza eolica comporterà un risparmio di oltre 1.5 miliardi di tonnellate di anidride carbonica ogni anno; questo rappresenta il 50-75% degli obiettivi di riduzione spettanti ai Paesi industrializzati stabiliti dopo il protocollo di Kyoto del 1997. Entro il 2030, grazie a 2,300 GW di nuovi impianti installati, saranno risparmiati 34 miliardi di tonnellate di CO₂. L'energia eolica crea migliaia di posti di lavoro e si stima che entro il 2030 saranno 3 milioni le persone coinvolte direttamente o indirettamente nel mercato eolico.

Gli impianti eolici garantiscono grosse economie di scala, abbattendo il costo del chilowattora elettrico con l'utilizzo di pale più lunghe ed efficienti che producono diversi megawatt ciascuna. Maggiore potenza in termini di megawatt corrisponde a grossi risparmi sui costi di produzione.

2.3 Svantaggi e impatto ambientale

Il primo problema che presenta l'energia eolica è l'impatto ambientale che causano gli impianti eolici. Molto spesso gli aerogeneratori sono posizionati in zone in cui il valore paesaggistico e ambientale sono elevati; risulta perciò difficile che gli impianti eolici si

⁷ https://it.wikipedia.org/wiki/Energia_eolica#Effetti_sull'ambiente

⁸ http://www.ansa.it/web/notizie/canali/energiaeambiente/rinnovabili/2010/10/12/visualizza_new.html_1733574262.html

integrino in modo gradevole con il paesaggio che li circonda. Questo senza alcun dubbio risulta essere l'aspetto che più frena lo sviluppo di questa fonte di energia rinnovabile. Per combattere il problema dell'impatto ambientale legato all'ampiezza delle pale eoliche, necessarie per poter produrre più energia, si è cercato di mimetizzare gli aerogeneratori con il paesaggio, colorandoli di verde.

Un altro limite da considerare è collegato all'inquinamento acustico; i rumori prodotti dalle turbine azionate dal vento non sono minimali. Per i sostenitori dell'energia eolica, questo problema è del tutto inesistente, in quanto, nelle zone ad alta intensità ventosa, a qualche centinaio di metri dai generatori, i rumori prodotti dagli aerogeneratori sono pressoché identici a quelli di fondo che caratterizzano la nostra vita quotidiana.

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'università di Parma ha effettuato uno studio, rilevando che il rumore alla base di un aerogeneratore corrisponde a circa 100 db(A), mentre a distanza di 350 metri il rumore è di circa 45 db(A); quello rilevato in un area metropolitana è intorno ai 100 db(A) e il rumore di fondo notturno corrisponde a 40 db(A). Questo denota che il problema dell'inquinamento acustico non ha una rilevanza importante.

Un altro limite è caratterizzato dall'inadeguatezza della rete elettrica, problema che colpisce numerosi paesi tra cui anche l'Italia; attualmente le reti elettriche europee non hanno un'adeguata capacità di assorbimento dell'energia prodotta dalle centrali eoliche e questo purtroppo causa l'interruzione del funzionamento degli aerogeneratori durante i periodi di eccesso. È stato stimato che l'inidoneità della rete elettrica provoca una diminuzione del 30% della possibilità produttiva dell'energia eolica; questo causa l'esportazione del surplus produttivo quando invece potrebbe essere utilizzato all'interno del paese.⁹

L'impatto ecologico dei parchi eolici ha degli effetti negativi non solo sulla flora ma anche sulla fauna; anche se tutte le strutture artificiali possono uccidere gli uccelli, gli aerogeneratori hanno un effetto negativo su alcune specie in via di estinzione, come le aquile reali, simbolo degli Stati Uniti; infatti i rapaci sono una specie che ne risente particolarmente dell'attività dei generatori eolici. Tuttavia non sono stati dimostrati effetti significativi che vanno a danneggiare uccelli protetti.¹⁰

⁹ http://www.albanesi.it/inchieste/energia_eolica.htm

¹⁰ Meera Subramanian, The trouble with turbines: An ill wind

Purtroppo l'energia del vento è imprevedibile e può variare in base all'ora, al giorno o alla stagione. Questa variabilità presenta delle difficoltà in quanto la generazione di energia elettrica e i consumi devono rimanere in equilibrio per la stabilità della rete. L'intermittenza del vento può comportare dei costi aggiuntivi quando risulta scarso, mentre in caso di alta ventosità può essere necessario aumentare la complessità dell'impianto per poter assorbire l'energia in eccesso. Una soluzione potrebbe essere quella di sostituire l'energia eolica in periodi di scarsità con altre fonti di alimentazione, come ad esempio le centrali a gas naturale o quelle a combustibile fossile. È importante perciò studiare il terreno in cui si vogliono posizionare gli aerogeneratori, in quanto si deve cercare di non ricorrere all'utilizzo di altre fonti di energia non rinnovabili che aumenterebbero l'inquinamento atmosferico.

Le zone ad alta pressione causano cielo sereno ma bassa intensità ventosa mentre le aree a bassa pressione tendono ad essere più nuvolose e ventose; bisogna analizzare anche la stagionalità del vento, poiché in alcune zone abbiamo una più alta intensità del vento durante il periodo invernale, quando la domanda è più bassa, mentre nella stagione estiva, quando la domanda potrebbe essere più alta, l'intensità risulta minore. L'energia eolica in questo caso può essere sostituita da quella solare, anch'essa priva di emissioni nocive per l'ambiente, in quanto si comporta in maniera opposta a quella del vento, ovvero alta intensità d'estate e bassa intensità in inverno.

È anche vero che le turbine eoliche possono rappresentare una minaccia per l'ambiente in quanto tutte le esternalità negative sono limitate alle zone nei pressi dei generatori, a differenza di quelle provenienti dall'energia nucleare o da quelle dei combustibili fossili. Ma è altrettanto vero che l'energia eolica risulta essere la meno dannosa per l'ambiente.

Capitolo 3

La produzione di energia eolica in Texas

3.1 Capacità e produzione energetica

Il Texas, una volta capitale del petrolio del Nord America, si è rapidamente trasformato nella capitale della produzione di energia eolica; i texani infatti stanno trasformando le zone in cui una volta sorgevano i pozzi petroliferi in centrali eoliche. Qui si trova il più grande parco eolico on-shore al mondo con una capacità di 3000 MW.

Le turbine eoliche erano una volta una forma marginale di generazione di energia elettrica, ma le crescenti preoccupazioni legate alle emissioni di gas serra da parte delle centrali a combustibile fossile, hanno fatto in modo che l'energia eolica subisse una rapida espansione, dando un importante contributo alla rete elettrica degli Stati Uniti.

Un recente studio del "Emerging Energy Research", una società di consulenza, ha stimato che tra il 2007 e il 2015 sono stati stanziati 65 miliardi di dollari di investimenti per lo sviluppo dell'energia eolica.

Nonostante il vento sia una fonte di energia priva di inquinamento, tuttavia esso presenta dei limiti. L'energia prodotta dai generatori eolici rimane più costosa di quella prodotta dai combustibili fossili; inoltre è intermittente e imprevedibile. Le turbine sono sempre più grandi e le loro pale possono uccidere alcune specie di uccelli; inoltre gli impianti eolici sono causa di impatto ambientale e ciò ha suscitato l'emergere di una forte opposizione in tutto il paese. Fortunatamente essa è stata contenuta anche perché non ha fatto molto per rallentare il rapido sviluppo dell'energia eolica in Texas e il problema del surriscaldamento globale risulta avere un'importanza maggiore.

Alcuni sostenitori ritengono che le nuove turbine rappresentano un cambiamento positivo del paesaggio. Infatti il paese ha visto per anni la costruzione di imponenti piattaforme petrolifere e di gas naturale e credo che gli aerogeneratori creino un minor impatto ambientale rispetto a quest'ultime; in più la conformità dei generatori permette ai vari proprietari terrieri di poter utilizzare le zone adiacenti per l'agricoltura o l'allevamento, cosa che non era assolutamente possibile fare nei pressi dei pozzi petroliferi o di gas naturale.

Il Texas risulta essere una zona ideale per lo sviluppo dell'energia eolica grazie alla sua particolare ventosità, alla scarsità dei centri abitati e a un contesto normativo favorevole allo sviluppo. Inoltre i proprietari terrieri ricevono denaro per poter installare gli impianti eolici nelle loro terre, e ciò ha fatto in modo che il valore delle case aumentasse, mentre le tasse sulla proprietà diminuirono.

Un problema a lungo termine è rappresentato dalla difficoltà nel trasmettere energia eolica dai luoghi più attrezzati, dove viene prodotta, a quelli più popolosi in cui vi è più necessità. Il nord del Texas presenta un corridoio che permette la trasmissione di energia fino al centro del paese, raggiungendo anche gli stati meno popolati come lo stato del Montana e Dakota. Sfortunatamente l'area in cui vi è più domanda è quella costiera, dove sorgono i più grandi centri abitati del paese e costruire nuove linee di trasmissione su distanze così lunghe è senza alcun dubbio molto costoso.¹

All'inizio del 2014, il Texas ha dovuto fare i conti con un brusco abbassamento delle temperature e ad una crescita della domanda energetica per avere a disposizione acqua calda, luce e riscaldamento; ci fu un vero e proprio stato di emergenza che ha portato ad una riduzione dell'energia prodotta dagli impianti. La presenza di pale eoliche sul territorio ha avuto un ruolo cruciale per evitare che abitazioni e luoghi di lavoro restassero senza elettricità; inoltre l'energia eolica ha contribuito a compensare il consumo di metano da parte di impianti alimentati a gas, facendo in modo che ci fosse più gas naturale da utilizzare per il riscaldamento. Questa situazione di emergenza ha permesso di sottolineare come l'energia eolica possa supportare la rete elettrica in casi di necessità e di deficit inaspettati che potrebbero interessare altre fonti di energia.²

L'energia eolica è un fattore esogeno, a differenza dell'output dei generatori convenzionali che non lo è. Infatti si ha poco controllo di questa fonte di energia. Durante una giornata calma, può non esserci produzione di energia mentre in una giornata molto ventosa si può utilizzare a pieno la produttività oppure sono necessarie delle limitazioni che riducono la produzione e in questo caso significherebbe buttar via energia; ma ciò non rappresenta un problema il più delle volte, perché i costi associati alla produzione di energia eolica sono quelli derivanti dalle fasi di costruzione, installazione dei generatori e quelli di manutenzione. Con l'aggiunta dei sussidi federali e statali, che incentivano la produzione nel lungo periodo, i costi marginali dell'eolico diventerebbero negativi. Si può quindi affermare che la produzione

¹ Clifford Klaus, Move Over, Oil, There's Money in Texas Wind, in The New York Times, 23 febbraio 2008.

² <https://www.greenme.it/informarsi/energie-rinnovabili/12230-eolico-polar-vortex-texas>

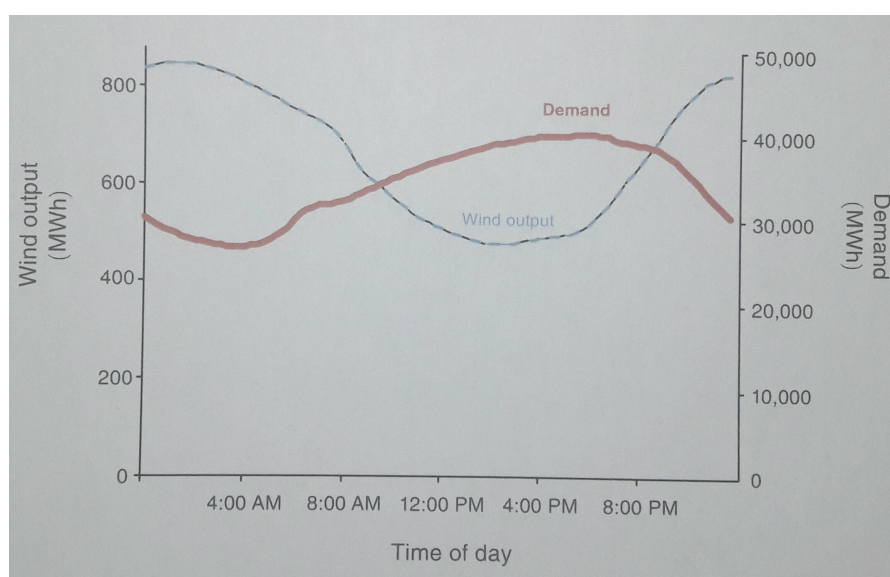
di energia eolica non è completamente casuale, ma è l'uomo che può regolarla a seconda della necessità.

In Figura 6 e 7 è rappresentata una media della produttività di energia giornaliera e mensile.

Nel primo caso possiamo notare che nelle ore diurne, quando la domanda di energia è alta, l'offerta invece è più bassa rispetto alle ore notturne.

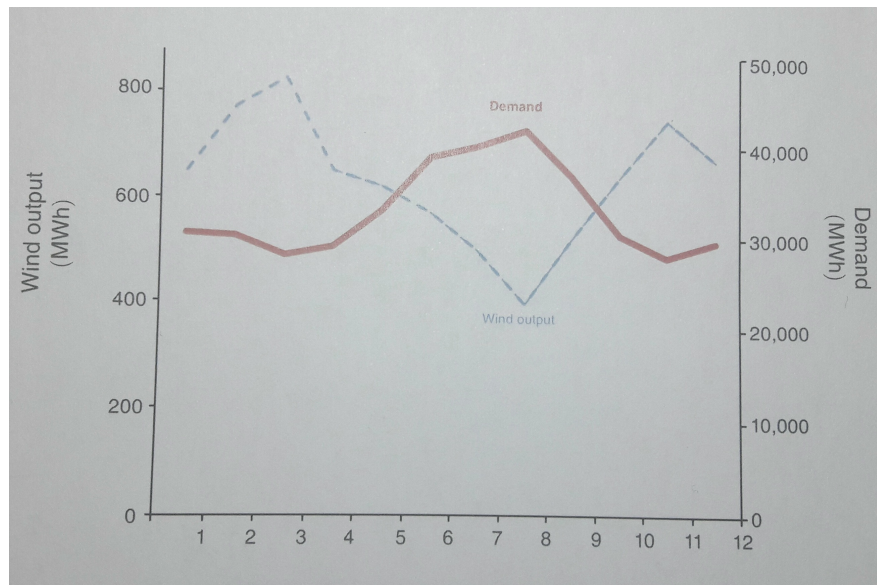
Nel secondo caso, nei mesi estivi la produzione di energia risulta minore rispetto ai mesi invernali e la domanda si comporta in maniera opposta, ovvero è alta nei mesi estivi e bassa in quelli invernali. Questo ci può far capire come si potrebbero usare altri generatori quando la produzione di energia eolica è insufficiente; ad esempio alternare pannelli fotovoltaici nei mesi più caldi, quando sono più produttivi, con i generatori eolici da sfruttare nei mesi più freddi.

Figura 6



Fonte: American Economic Journal, Measuring the Environmental benefits of Wind-Generated Electricity

Figura 7



Fonte: American Economic Journal, Measuring the Environmental Benefits of Wind-Generated Electricity

3.2 Misurazione dei benefici³

In questa parte viene analizzato lo studio effettuato da Joseph Cullen, professore della Washington University che, grazie alla collaborazione con l'università dell'Arizona e il centro per l'ambiente dell'università di Harvard, quantifica i benefici prodotti dall'energia eolica in Texas. La sua ricerca si basa sulle stime effettuate dal "Electricity Reliability Council of Texas" (ERCOT) che detiene il maggior controllo della rete elettrica in Texas. Il periodo dell'analisi preso in considerazione va da aprile 2005 ad aprile 2007.

Il motivo per cui viene scelta questa rete elettrica gestita dall'ERCOT è che l'energia eolica ha un ruolo importante nella generazione di energia, infatti alla fine di marzo 2007, oltre il 5% della capacità installata nella rete è rappresentata dall'energia del vento; il mercato eolico passa dallo 0 al 10% del totale di energia elettrica consumata. La rete elettrica del Texas è isolata dalle altre reti presenti negli Stati Uniti e meno dell'1% della produzione di energia giornaliera è scambiata con altre reti; questo significa che l'energia eolica prodotta in Texas sostituisce direttamente l'energia prodotta da altri generatori collegati alla medesima rete. Inoltre il Texas rappresenta il maggior produttore di energia eolica degli Stati Uniti; infatti alla fine dell'analisi, produce il 27% di tutta la capacità eolica della nazione, con 3.352 megawatt

³ Measuring the Environmental Benefits of Wind-Generated Electricity, American Economic Journal: Economic Policy 2013, 5(4): 107-133

installati. Tutto ciò è avvenuto solamente dopo l’emanazione di un sussidio federale che ha permesso lo sviluppo dell’energia eolica nel paese. La California si trova al secondo posto ma, a differenza del Texas, la capacità di 2.376 MW fu installata prima dell’emanazione di sussidi federali.

In questa analisi vengono presi in considerazione gli output dei generatori convenzionali di energia elettrica e dei parchi eolici; è fondamentale anche tener presente del tipo di combustibile analizzato, il luogo, la capacità e l’anno in cui è attivo. In totale vi sono 540 unità generate, dove per unità si intende la produzione generata da una singola turbina per i generatori convenzionali mentre per i parchi eolici viene analizzato l’intero output prodotto, in 220 centrali che forniscono elettricità alla rete controllata dal ERCOT.

La Tabella 1 mostra la capacità prodotta dal 2005 al 2007 in base al tipo di combustibile preso in considerazione. Possiamo notare che l’energia eolica nel corso del periodo è andata ad incrementare notevolmente la sua capacità di produzione, passando dal 2% all’inizio dell’analisi a più del 5% alla fine della ricerca, mentre l’utilizzo di gas naturale, carbone e il nucleare è diminuito nonostante continuano a rappresentare la principale fonte di energia elettrica (rispettivamente 40%, 20% e 6%). Questo ci fa capire che l’aumento dell’utilizzo di energia eolica ha fatto sì che andasse a sostituire la produzione di energia da parte di altre fonti che generalmente vengono indicate come fonti inquinanti, in modo da poter ridurre l’effetto serra. Le altre fonti di produzione di energia invece rappresentano una percentuale pressoché indifferente.

Tabella 1

	Total capacity (MW)			Share of capacity		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Natural gas	47,537	48,372	49,109	67.2	66.2	64.8
Coal	15,229	15,729	15,762	21.5	21.5	20.8
Nuclear	4,887	4,887	4,892	6.9	6.7	6.5
Wind	1,545	2,509	4,150	2.2	3.4	5.5
Unknown	856	856	1,106	1.2	1.2	1.5
Water	512	512	501	0.7	0.7	0.7
Petroleum coke	142	143	143	0.2	0.2	0.2
Diesel	40	40	38	0.1	0.1	0.0
Landfill gas	40	53	59	0.1	0.1	0.1
Total	70,788	73,101	75,760	100	100	100

L'energia eolica riduce così l'output degli altri generatori collegati alla rete. Vi è la necessità di tener conto non solo degli elementi statici, ma anche dei fattori dinamici che influenzano la produzione. Le decisioni degli operatori sono infatti dinamiche a causa dei costi associati all'avvio, all'arresto, all'espansione e al rallentamento della produzione. Non bisogna considerare solamente le variabili correnti, come la domanda aggregata (non dipende dai prezzi dell'elettricità del mercato ma da fattori esogeni, come il meteo o il giorno della settimana o l'ora), la temperatura, identificare se le linee di trasmissione sono congestionate, ma anche la fase che precede l'inizio della produzione, ovvero la pianificazione dell'offerta ottimale e la programmazione energetica; sono elementi fondamentali anche le strategie e le aspettative delle varie imprese. Le stime sono state effettuate separatamente per ogni generatore collegato alla rete in modo da tener conto delle diverse caratteristiche strutturali. I ritardi delle variabili sono altri elementi presi in considerazione per effettuare quest'analisi per comprendere le dinamiche del funzionamento dei generatori. Ne fanno parte i ritardi della domanda, della potenza del vento, della temperatura e della congestione; si presume che questi elementi siano utili alle imprese per creare le loro previsioni e i loro piani operativi futuri nel momento in cui devono presentare delle offerte prima dell'avvio della produzione.

Per evitare di tener conto di un numero elevato di coefficienti di ritardo quando si devono calcolare gli effetti marginali totali, viene sottratta la produzione di energia eolica corrente da ciascuno dei ritardi del vento. L'impatto marginale stimato dell'energia eolica sull'energia elettrica per il modello statico e dinamico è mostrata per ogni tipo di combustibile nella Tabella 2 e sotto ogni valore, tra parentesi, vengono riportati i margini di errore. Quando gli elementi dinamici non sono presi in considerazione, tutti i tipi di gas utilizzati per la produzione di energia (ciclo combinato, turbine a vapore e turbine a combustione) vedono una riduzione di 0.85 MWh per ogni MWh di energia eolica prodotta, mentre il carbone ha una riduzione di 0.18 MWh dovuta alla produzione del vento. Le altre forme di energia in Texas, come quella idrogeologica o nucleare, non presentano significative riduzioni. L'importazione di elettricità, le cui emissioni non possono essere calcolate, vede invece una crescita dovuta all'energia del vento.

Quando vengono introdotti nel modello gli elementi dinamici, i risultati cambiano in maniera significativa. La compensazione di carbone passa dal 18% a quasi zero, mentre la compensazione dei gas aumenta fino a 0.92 MWh grazie all'energia eolica; si passa da generatori a gas a ciclo combinato relativamente puliti e a buon prezzo, a generatori con turbine a gas e a vapore più care e meno efficienti quando viene introdotto il modello dinamico. Anche le importazioni decrescono passando a 0.07 MWh di energia compensata dal

vento. I generatori a ciclo combinato alimentati a gas manifestano una riduzione della produzione più bassa rispetto alle altre fonti di energia (-2.7%), mentre l'energia eolica riduce l'output delle turbine a combustione e di quelle a vapore in maniera considerevole (rispettivamente -9.1% e -4.7%). Le importazioni sperimentano la più grande riduzione di tutte le fonti di energia prese in considerazione pari a -13%.

Tabella 2

Offser MWh (MWh/MWh wind)		
Fuel	Static	Dynamic
Coal	-0.18 (0.01)	-0.01 (0.02)
All gas:	-0.85 (0.02)	-0.92 (0.04)
CC (combined cycle)	-0.62 (0.02)	-0.53 (0.04)
Steam (steam turbine)	-0.18 (0.01)	-0.32 (0.02)
Turbine (combustion turbine)	-0.05 (0.00)	-0.07 (0.01)
Nuclear	-0.010 (0.002)	-0.013 (0.005)
Hydro	-0.004 (0.001)	-0.001 (0.002)
Imports	0.03 (0.01)	-0.07 (0.01)
Market	-1.004 (0.022)	-1.008 (0.048)

La compensazione delle emissioni grazie all'utilizzo di energia eolica varia considerevolmente tra il modello statico e il modello dinamico come dimostrato nella Tabella 3. La compensazione delle emissioni di anidride carbonica è pari a 947 (lbs)/MWh di vento (426.15 Kg) nel modello dinamico ed è circa il 31 % inferiore della stima ottenuta nel modello statico. La compensazione di anidride solforosa SO₂ è pressoché insignificante dato che corrisponde allo 0.16 lbs/MWh di vento nel modello dinamico, mentre in quello statico è dieci volte maggiore (1.71 lbs/MWh di vento). Questo è dovuto al fatto che i combustibili fossili producono la maggior parte delle emissioni di SO₂ direttamente in rete. La compensazione

delle emissioni di NO_x, una sigla generica che identifica tutti gli ossidi di azoto e le loro miscele, è di circa 0.83 lbs per MWh ed è simile a 0.91 lbs stimate nel modello statico.

A questo punto possiamo affermare che alcuni tipi di generatori non possono essere spiazzati dall'energia eolica ; infatti la produzione di energia nucleare e idroeologica risulta indifferente allo sviluppo dell'energia eolica.

In totale sono state stimate circa 900 tonnellate di SO₂, 5,000 tonnellate di NO_x e più di 5 milioni di tonnellate di CO₂ compensate dall'utilizzo di energia eolica dal 2005 al 2007.

Questo rappresenta purtroppo meno del 2% delle emissioni totali del periodo di analisi, ma è anche un punto di partenza per poter ridurre sempre più le emissioni di gas serra.

È importante tener presente che i generatori solitamente sono più efficienti se operano costantemente alla massima capacità; produrre energia a una parziale capacità può aumentare i tassi di emissione. È anche vero però che quando la produzione di energia è in aumento, i tassi di emissione sono più alti, mentre quando la produzione è più contenuta, i tassi di emissione calano.

Tabella 3

Fuel	Offset CO ₂ (lbs/MWh wind)		Offset SO ₂ (lbs/MWh wind)		Offset No _x (lbs/MWh wind)	
	Static	Dynamic	Static	Dynamic	Static	Dynamic
Coal	-406 (23.5)	-14 (54.7)	-1.623 (0.087)	0.023 (0.205)	-0.290 (0.018)	-0.060 (0.042)
All gas	-832 (19.9)	-932 (44.3)	-0.087 (0.015)	-0.180 (0.032)	-0.616 (0.028)	-0.771 (0.059)
CC (combined cycle)	-550 (18.2)	-460 (39.4)	-0.006 (0.000)	-0.005 (0.001)	-0.263 (0.009)	-0.199 (0.019)
Steam (Steam turbine)	-215 (12.2)	-383 (28.1)	-0.073 (0.015)	-0.167 (0.032)	-0.274 (0.027)	-0.469 (0.056)
Turbine (combustion turbine)	-67 (5.2)	-89 (11.4)	-0.008 (0.001)	-0.008 (0.002)	-0.079 (0.005)	-0.103 (0.012)
Nuclear	0	0	0	0	0	0
Hydro	0	0	0	0	0	0
Imports	-	-	-	-	-	-
Market	-1,238 (28.2)	-947 (64.1)	-1.71 (0.087)	-0.16 (0.206)	-0.91 (0.033)	-0.83 (0.070)

Dopo aver dato le stime delle emissioni compensate dall'energia eolica, ora possiamo calcolare il loro valore. Per poter dare dei valori in termini di denaro, bisogna considerare due importanti fattori: se le sostanze inquinanti sono soggette a regolamentazioni da parte dei governi, e il relativo costo marginale dei danni causati.

Se una sostanza inquinante è già soggetta a regolamentazioni, la compensazione di tale sostanza non produce alcun valore aggiunto. Inoltre, per le emissioni regolamentate da un programma vincolante di cap-and-trade (strumento amministrativo utilizzato per il controllo delle emissioni di gas serra che fornisce degli incentivi per ridurre le emissioni di inquinanti), compensare le emissioni non implica una riduzione delle emissioni totali, indipendentemente dall'ottimizzazione del regolamento. La compensazione delle emissioni risultate da questo tipo di regolamento possono essere liberate per uso altrove; per questo motivo gli agenti inquinanti regolamentati dal sistema di cap-and-trade, come l'anidride solforosa o gli ossidi di azoto, la loro compensazione non può avere benefici per l'ambiente. La compensazione dell'energia eolica implica che le industrie riducono i costi di abbattimento, i quali possono influenzare il prezzo dei permessi e quindi i profitti delle imprese. Se il programma di cap-and-trade non è vincolante, allora la compensazione delle emissioni rappresenta una riduzione significativa degli inquinanti, i quali, se sono regolati da una tassa per l'inquinamento o da un regolamento per i tassi di emissione, manifestano una vera e propria riduzione delle emissioni; e se queste leggi non sono particolarmente rigide, significa che persiste un'esternalità negativa e la sua compensazione produce dei benefici diretti per la società.

I costi marginali dei danni provocati dalle emissioni devono essere stimati in modo da calcolare il valore delle compensazioni degli inquinanti non regolamentati. Gli offset possono variare a seconda del tempo e dello spazio, ma in questo caso vengono tralasciati questi due elementi e viene effettuata una media dei costi per ogni tipo di inquinante, cosa che risulta più adatta per valutare le emissioni di CO₂, dato che è il principale inquinante, piuttosto che per le emissioni di SO₂ e quelle di NO_x. L'anidride carbonica infatti non ha effetti diretti sulla salute dell'uomo, ma si accumula gradualmente nell'atmosfera e successivamente influenza il cambiamento climatico; perciò se dobbiamo considerare quando o dove vengono prodotte emissioni di CO₂, ciò risulta difficile. Gli altri due elementi inquinanti invece hanno un effetto diretto sull'ambiente e possono essere localizzati, e per questo motivo la distribuzione delle emissioni e la loro quantità, è un elemento fondamentale per calcolare i costi marginali dei danni causati dagli inquinanti.

Richard Tol, professore di economia all'università di Sussex, ha stimato i costi sociali delle emissioni di CO₂ e arriva alla conclusione che essi sono inferiori a \$50/ton e probabilmente minori di questo valore; la media dei costi marginali dei danni è pari a \$14/ton.

Recentemente il governo degli Stati Uniti ha stimato i danni associati all'incremento delle emissioni di carbonio nel 2010; sono stati selezionati tre valori che si basano su una serie di modelli di valutazione integrata, a diversi tassi di sconto. I valori dei costi sociali prodotti dalle emissioni di carbone sono \$5, \$21, e \$35 per tonnellata di CO₂.

Per le emissioni di SO₂ e NO_x risulta complicato identificarne i valori appropriati, in quanto in molte aree del Texas le emissioni di NO_x non sono soggette a regolamentazioni o il sistema di cap-and-trade non risulta essere obbligatorio; questo significa che la compensazione delle emissioni si tradurrà in una riduzione di esse. Bisogna tener presente, però, che le emissioni di anidride solforosa sono regolate da ogni centrale, questo implica che non vi sono benefici dalla compensazione di SO₂ in Texas e non vengono considerate nell'analisi. I costi stimati delle emissioni di NO_x sono compresi nell'intervallo che va da \$100 a \$2,000 tonnellate. Se si fa un paragone tra le stime, risulta evidente che il valore delle compensazioni dipende dai benefici derivanti dalla riduzione delle emissioni di CO₂. Il valore delle emissioni di anidride carbonica compensate dall'energia eolica va da meno di \$3/MWh nel valore minore, meno di \$10/MWh nel valore medio stimato a più di \$16/MWh per il valore più alto dei costi marginali dei danni provocati dalle emissioni.

L'energia eolica riceve sussidi federali (Production Tax Credit) per un valore di \$20/MWh per i primi dieci anni di attività. Oltre ai sussidi federali, riceve un credito di energia da fonti rinnovabili da parte dello Stato del Texas per ogni MWh di energia prodotta; il valore di mercato di questo sussidio (Renewable Portfolio Standards) è di circa \$10/MWh. In totale l'eolico riceve sussidi per un valore di \$30/MWh. Tuttavia il costo del sussidio per ogni MWh di energia prodotta è sovrastimato, perché si presuppone che gli impianti finiscano la produzione di energia eolica quando il sussidio PTC scade. Dato che il costo marginale di manutenzione e gestione di un parco eolico è molto basso, ci si aspetta che i parchi eolici continuino la propria attività dopo lo scadere dei benefici del sussidio e a ricevere un sussidio statale, perciò il valore scontato del contributo è di \$20/MWh per tutta la durata di vita del parco eolico.

I costi per sovvenzionare la produzione di energia eolica sono giustificati dai benefici derivanti dalla riduzione delle emissioni prodotte dagli altri generatori, ma solamente quando i costi dei danni marginali prodotti dalle emissioni di CO₂ sono significativi.

Bisogna tener presente che quest'analisi non tiene conto né dei danni ambientali né dell'impatto dell'affidabilità della rete a causa dell'intermittenza del vento. Inoltre l'energia eolica produce altri benefici, come la riduzione delle emissioni di mercurio, che non sono stati presi in considerazione.

Questo studio è stato effettuato utilizzando dati ad alta frequenza, infatti sono stati esaminati i modelli di breve periodo di sostituzione tra parchi eolici e generatori convenzionali. Grazie all'introduzione di sussidi per sviluppare le fonti di energia rinnovabile, l'energia eolica inizia a competere con la produzione di energia dei generatori esistenti, i quali vedono ridursi il loro output. La combinazione di parchi eolici con l'uso di centrali a gas naturale, le quali possono compensare l'intermittenza naturale del vento e sono molto numerose in Texas grazie all'abbondanza di questo tipo di combustibile, fanno convergere verso di loro gli investimenti che altrimenti sarebbero stati destinati alle centrali a carbone. Senza l'aiuto di sussidi federali e statali non sarebbe stato possibile sviluppare nessun impianto eolico.

In conclusione, negli ultimi dieci anni le sovvenzioni per le fonti di energia rinnovabili sono state un programma politico molto diffuso. Questi sussidi hanno portato ad una crescita dell'installazione di parchi eolici negli Stati Uniti, soprattutto in Texas, grazie ai benefici ambientali prodotti dai generatori, in quanto non emettono CO₂, NO_x e SO₂ o altri inquinanti prodotti dalle centrali a combustibile fossile. I sussidi non sono altro che uno strumento per mitigare le emissioni di anidride carbonica in mancanza di una legislazione nazionale per l'ambiente.

La quantità delle sostanze inquinanti compensate dall'energia eolica dipende da quali generatori riducono la produzione quando l'energia eolica è in linea. In questo caso abbiamo potuto identificare la produzione compensata di ogni specifico generatore grazie alla potenza del vento. Il modello statico analizzato nelle Tabelle 2 e 3 indica che il vento ha un impatto significativo sul funzionamento dei generatori a carbone, mentre i risultati del modello dinamico dimostrano che l'energia eolica spiazza solo la produzione di energia elettrica alimentata a gas naturale. Il modello è stato usato per stimare la compensazione delle emissioni inquinanti dei generatori nella rete elettrica del Texas.

Capitolo 4

L'energia eolica in Italia

4.1 Distribuzione dei parchi eolici e incentivi

In Italia l'energia eolica è una fonte di energia rinnovabile in vasta crescita. Gli aerogeneratori sono stati progettati per essere posizionati in luoghi alti e ventilati; tuttavia è stato pensato anche un decentramento della produzione di energia eolica che vede ogni comune italiano utilizzare impianti di piccola taglia composti da un numero limitato di pale, in cui l'energia prodotta viene utilizzata in loco e consumata dagli abitanti.

Un ostacolo alla produzione è rappresentato dalla conformità del nostro territorio in prevalenza montuoso; infatti l'arco alpino costituisce una barriera ai venti e non consente di sfruttare a pieno la sua potenza. Lungo il versante adriatico, nei pressi degli Appennini, e nelle isole, vi è una area particolarmente favorevole allo sviluppo dei parchi eolici non soltanto on-shore, ma anche off-shore. Non a caso il 96,6% della potenza installata e l'83,4% degli impianti sono situati nelle regioni del Sud Italia, dove la ventosità, l'ortografia e l'accessibilità dei siti sono favorevoli all'installazione di impianti eolici.

Il maggior numero di impianti si trova in Puglia (572 impianti), seguono la Basilicata (263), la Campania (221), la Sicilia (191) e la Sardegna (118), mentre in termini di capacità produttiva troviamo sempre al primo posto la Puglia (2.339 MW, pari al 27% del totale nazionale) e a seguire vi sono Sicilia e Campania, rispettivamente con una potenza di 1.750 MW (20%) e 1.250 MW (14,5%). Nel 1994 l'energia eolica inizia a comparire nel bilancio energetico nazionale in maniera non indifferente, e da allora ha continuato a far registrare aumenti significativi. Nel 2015 l'Italia si è posizionata al 9° posto su scala mondiale nella classifica per la potenza eolica, con 8.958 MW installati, un posto di tutto rispetto se si considerano le piccole dimensioni del nostro paese rispetto ai “giganti di Stati Uniti, Cina e India.”¹

¹ <http://www.eniscuola.net/argomento/eolica/eolico-nel-mondo/energia-eolica-in-italia/>

In Italia senza l'aiuto di investimenti statali o privati, l'energia eolica non avrebbe potuto svilupparsi fino ai livelli attuali. Gli incentivi per gli impianti eolici collegati alla rete sono di due tipologie, ovvero i Certificati Verdi e le Tariffe Onnicomprensive.

- 1) I Certificati Verdi: sono dei titoli negoziabili che vengono rilasciati dal GSE (Gestore dei Servizi Energetici, una società per azioni italiana controllata dal Ministero dell'Economia e delle Finanze che si occupa del settore energetico) in proporzione alla quantità di energia elettrica prodotta dagli impianti eolici; questo sistema impone l'obbligo di immettere nella rete elettrica nazionale una quota minima di energia prodotta dall'impianto. Ogni Certificato Verde attesta la produzione di 1MWh di energia ottenuta sfruttando la potenza del vento. Inoltre ci permettono di dare un valore all'energia elettrica prodotta in base al tipo di utilizzo che ne consegue; può essere valorizzata immettendola nel sistema elettrico attraverso la vendita oppure può essere autoconsumata.
- 2) Le Tariffe Onnicomprensive: sono incentivi riservati ad impianti con una potenza inferiore a 200 kW che prevedono la remunerazione dell'energia prodotta tramite tariffe fisse; ne fanno parte gli impianti mini e micro eolici. Si riceve una tariffa incentivante per l'energia immessa in rete, ad esempio, per un impianto di potenza inferiore ai 200 kW si riceve un incentivo di €300/MWh. Finito il periodo di incentivazione, rimane la possibilità di remunerare l'energia prodotta.²

Secondo Vestas³, un'azienda danese che progetta, fabbrica e commercializza turbine eoliche in molti paesi, ritiene che in Italia saranno due i principali motori che guideranno il mercato dell'energia eolica fino al 2020: il meccanismo delle aste e la necessità di rinnovare i vecchi impianti. Le prime turbine installate nel nostro Paese infatti risalgono agli inizi degli anni '90, quindi la sostituzione degli impianti vecchi con altri più moderni è un elemento di estrema importanza per i prossimi anni, perché permette di aumentare la potenza di energia pulita, riducendo il costo dei kWh prodotti e creando più di 7.000 nuovi posti di lavoro.

4.2 Principali parchi eolici e il problema della mafia

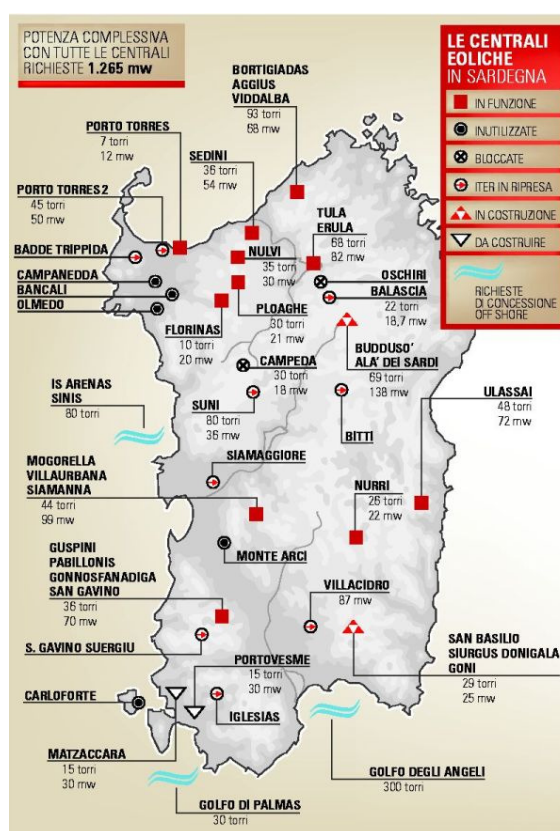
Il parco eolico di Buddusò e Ala dei Sardi in Sardegna (Figura 8) rappresenta l'impianto più importante d'Italia e uno dei maggiori a livello europeo. È situato in una delle zone più ventose del nostro paese e occupa una superficie di 4.000 ettari che consente di produrre circa

² <http://www.coenergia.com/news/normative/incentivi-eolico-minieolico-e-microeolico>

³ <http://www.rinnovabili.it/energia/eolico/vestas-italia-wind-forum-669/>

300 GWh/anno, garantendo il fabbisogno elettrico di oltre 110 mila famiglie. Grazie all'installazione di questi impianti si è potuto risparmiare circa 180 tonnellate annue di CO₂; infatti in merito a queste riduzioni, la Sardegna è stata una delle prime Regioni italiane in grado di soddisfare gli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Per la realizzazione di questo parco eolico, è stato stanziato un investimento di 270 milioni di euro, 230 dei quali finanziati a livello europeo. Attualmente le turbine installate arrivano a produrre un fatturato annuo di 50 milioni di euro.⁴

Figura 8



Fonte: La Nuova Sardegna, foto S.D., archivio GrIG

Negli ultimi anni ha preso il sopravvento il mercato eolico in Puglia⁵ (Figura 9), dove è stato installato il più alto numero di aerogeneratori d'Italia (1.496 su un totale di 6.482) ed è sempre in questa Regione che viene prodotta la maggiore quantità di energia eolica (2.311 MW a fronte dei 8.942 MW nazionali). Attualmente, sono in molti gli imprenditori che stanno

⁴ <http://www.ideegreen.it/il-parco-eolico-piu-grande-ditalia-2301.html>

⁵ http://bari.repubblica.it/cronaca/2016/06/09/news/la_puglia_e_l_eolico-141597617/

aspettando il decreto sugli incentivi alle fonti rinnovabili; approvato a maggio dall'Unione Europea, manca la firma del ministro dello Sviluppo Calenda per sbloccare circa mezzo miliardo di risorse, un terzo delle quali è destinato alla Puglia. Questo ci dimostra che senza l'aiuto di incentivi statali o privati, sarebbe difficile promuovere lo sviluppo delle energie rinnovabili. L'impianto eolico di Matisse porta energia pulita alla Regione con forniture di energia elettrica per più di 85.000 abitanti e una riduzione delle emissioni di CO2 di 40 mila tonnellate all'anno. Inoltre la Puglia è la prima regione italiana per numero di addetti nel settore: circa 6.290 occupati.

Figura 9



Parco eolico a Candela, in provincia di Foggia

Purtroppo sorge spontaneo un dibattito⁶ sui record registrati negli ultimi anni per l'installazione di energia eolica e solare in Puglia. Nel 2011 infatti la procura di Lecce ha aperto un'inchiesta sulle infiltrazioni della Sacra corona unita nel mercato delle energie rinnovabili, che ha portato all'arresto del boss Andrea Bruno e di altri suoi affiliati; il clan è stato condannato per associazione mafiosa e per aver acquistato alcuni terreni e cercato di farsi strada nella politica locale per l'autorizzazione della realizzazione di un parco eolico, mai più realizzato. Negli ultimi anni, stando alle indagini, la criminalità regionale è aumentata notevolmente: 81 clan, 3 mila affiliati e oltre 10 mila fiancheggiatori che riciclano soldi "sporchi" in energia pulita e nanotecnologie. Questi criminali comprano terreni agricoli a prezzi stracciati da agricoltori rimasti al verde e poi vengono venduti ad aziende nazionali e

⁶ <http://www.linkiesta.it/it/article/2011/08/08/in-puglia-la-mafia-va-via-col-vento/1797/>

internazionali che montano pale eoliche e pannelli solari. Questo tipo di attività mafiose, come sostiene Confindustria, pesano sul prodotto interno lordo regionale.

Un altro esempio è il caso della “spa Api Holding, Ser e Seri”, accusata di aver commesso reati illeciti per realizzare il più grande parco eolico d’Italia da 51 aerogeneratori a Sant’Agata di Puglia; sarebbero state violate leggi urbanistiche, edilizie e paesaggistiche per procurare vantaggi patrimoniali alle società eoliche e ad alcuni amministratori comunali, accusati di aver fatto installare le pale in terreni di proprietà o di parenti.

Anche Legambiente parla di interessi illeciti in Puglia e scende in campo per difendere lo sviluppo di energie pulite nel rapporto regionale “Ecomafia 2011”: “Attività redditizie come l’eolico e il fotovoltaico attraggono la criminalità organizzata ma anche colletti bianchi, imprenditori insospettabili disposti a truffare pur di accaparrarsi un buon affare. Per questo è importante difendere l’eolico e il fotovoltaico dai fenomeni corruttivi e da qualsiasi tentativo di infiltrazione d’interesse illecito o della criminalità organizzata. Limitarsi a screditare tout court l’eolico e il fotovoltaico induce l’opinione pubblica a ritenere che l’energia del vento e quella solare sono nient’altro che affari sporchi, affari di mafia”.

Per concludere quindi possiamo affermare che in Italia l’energia eolica si è sviluppata notevolmente nel corso degli ultimi dieci anni, nonostante le caratteristiche ambientali del nostro paese che possono ostacolarne lo sviluppo. I sussidi provenienti dall’Unione Europea e da aziende private nazionali ed internazionali hanno avuto un ruolo chiave per la crescita di questo settore. Il Sud è la zona dove si concentrano maggiormente i parchi eolici grazie alle condizioni ambientali favorevoli. Purtroppo l’Italia deve far fronte ad un problema grave come quello della mafia, che si è infiltrata anche nel mercato del rinnovabile. Le istituzioni perciò devono cercare di combattere questo male interno in modo che l’opinione pubblica non pensi che le fonti di energia rinnovabile, come l’eolico, siano frutto soltanto di affari loschi, ma che provengano invece da persone e istituzioni che credono in queste energie pulite e investono tempo e denaro per combattere il surriscaldamento globale.

Bibliografia

Joseph Cullen, Measuring the Environmental Benefits of Wind-Generated Electricity, *Economic Policy* 2013, 5(4): 107-133

Clifford Klaus, Move Over, Oil, There's Money in Texas Wind, in "The New York Times", 23 febbraio 2008.

Meera Subramanian, The trouble with turbines: An ill wind, <http://www.nature.com/news/the-trouble-with-turbines-an-ill-wind-1.10849>

Paul Gipe, The Wind Industry's Experience with Aesthetic Criticism, *Leonardo*, JSTOR 1575818, http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=625&tx_ttnews%5Btt_news%5D=535&cHash=7fde6974ec190ee11728b5958921a2f0

Pernik, Ron and Wilder, Clint. *The Clean Tech Revolution: The Next Big Growth and Investment Opportunity*, Collins, 2007.

AA. VV., *Strengthening America's Energy Security with Offshore Wind*, U.S. Department of Energy, febbraio 2011, www.wind.energy.gov

Sitografia

bari.repubblica.it

www.albanesi.it

www.ansa.it

www.coenergia.com

www.earth-policy.org

www.ecologismo.it

www.eniscuola.net

www.fotovoltaiacosulweb.it

www.greenme.it

www.greenstyle.it

www.ideegreen.it

www.linkiesta.it

www.okpedia.it

www.rinnovabili.it

www.saterd.com

www.wikipedia.org

www.wwindea.org

