

*Regione Puglia  
Comune di Spinazzola (BAT)  
Proponente RC WIND*

*Parco eolico  
"Spinazzola"  
Progetto Definitivo*

**1.34**

***Analisi Costi Benefici***

***Progettisti:***

***Dott.a Giulia Canavero***

<i>Data</i>	<i>Rev.</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Elaborato</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>
15.01.2019	A	Prima emissione	G.Canavero	G. Canavero	P. Fazzino

**Comm. 90**

**Elaborato: SPN-1.34-A\_Analisi Costi Benefici**

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di F.E.R.A. S.r.l.



## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>RISPARMIO DI EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> ED NO<sub>x</sub></b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>ANALISI COSTI BENEFICI DELL'IMPIANTO RISPETTO AD IMPIANTI DI UGUALE POTENZA FUNZIONANTI CON ALTRE RINNOVABILI</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>OCCUPAZIONE DI SUOLO</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>EMISSIONI</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>COSTO DEL MWH</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>COSTI ESTERNI</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>15</b>



## **1. INTRODUZIONE**

La società RCWIND s.r.l. in data 1 giugno 2018 ha presentato istanza di VIA al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare per il progetto di un parco eolico avente una potenza di 32,4 MW da costruirsi nel comune di Spinazzola (BAT) e relative infrastrutture di connessione da ubicare nel comune di Banzi e Genzano di Lucanaia (PZ).

Il progetto è costituito da nove aerogeneratori di ultima generazione di potenza nominale unitaria pari a 3.6 MW per complessivi 32,4 MW. La generazione elettrica stimata è pari a 77.760 MWh/anno. La vita utile dell'impianto è di 25 anni.

In data 20 dicembre 2018 la Direzione Generale per le Valutazioni di Impatto Ambientali ha richiesto al proponente alcune integrazioni di cui al punto 1: *"Si chiede di approfondire i seguenti argomenti di carattere generale:*

- *Risparmio di emissioni di CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, rispetto ad impianti termici;*
- *Analisi costi benefici dell'impianto rispetto ad impianti di uguale potenza funzionanti con altre rinnovabili (emissioni, occupazione di suolo, costo per kWe prodotto ecc.)"*

Il presente documento intende rispondere ai quesiti sopra riportati, andando ad analizzare ed illustrare l'effettivo vantaggio, sia dal punto di vista ambientale che economico, della tecnologia di produzione di energia da fonte eolica sia rispetto alla generazione elettrica da combustibili fossili che alla generazione elettrica da altre tipologie di fonti rinnovabili possibili sul sito in questione.

## 2. RISPARMIO DI EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> ED NO<sub>x</sub>

Negli ultimi anni la comunità scientifica nazionale ed internazionale ha avuto modo di produrre e divulgare numerosi saggi e pubblicazioni che vanno ad illustrare come e quanto la produzione di energia elettrica da fonte eolica presenti dal punto di vista ambientale (emissioni di tipo gassoso dannose per l'ambiente evitate rispetto a fonti combustibili fossili) un sicuro vantaggio.

Nel 2017 l'installato eolico si è attestato sui 9.496 MW che hanno consentito di produrre un quantitativo di energia pulita pari a 17,5 TWh, corrispondenti a circa 24 milioni di barili di petrolio a circa 12 milioni di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate.

Nel caso specifico, per il calcolo delle emissioni evitate, si sono presi a riferimento i dati elaborati dal GSE (Il punto sull'eolico ottobre 2017) e da ISPRA (Fattori di emissione atmosferica di CO<sub>2</sub> e altri gas ad effetto serra nel settore elettrico n°2577/2017).

Nella Figura 1 sono riportati i dati relativi alla produzione termoelettrica lorda ed alle relative emissioni di gas serra e di contaminanti atmosferici.

		<b>Anno 2016</b>	
Produzione termoelettrica lorda		198700000	MWh
<b>Emissioni (relative al settore "energia elettrica e calore")</b>			
<b>Gas serra</b>	<b>Anidride carbonica - CO<sub>2</sub></b>	105900000	ton
	<b>Metano - CH<sub>4</sub></b>	231000	ton
	<b>Protossido di azoto - N<sub>2</sub>O</b>	530000	ton
<b>Contaminanti atmosferici</b>	<b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub></b>	82900	ton
	<b>Ossidi di zolfo - SO<sub>x</sub></b>	25000	ton
	<b>Composti organici volatili non metanici - COVNM</b>	28800	ton
	<b>Monossido di carbonio - CO</b>	33400	ton
	<b>Ammoniaca - NH<sub>3</sub></b>	200	ton
	<b>Materiale particolato - PM<sub>10</sub></b>	2000	ton
Fattori di emissione dei combustibili elaborati da ISPRA.			
TERNA S.p.A. è la fonte dei dati di produzione elettrica, produzione di calore e consumi			
L'analisi dei dati è disponibile nel rapporto ISPRA:			
<i>Fattori di emissione atmosferica di CO<sub>2</sub> e altri gas a effetto serra nel settore elettrico. n. 257/2017</i>			

Figura 1 – Tabella riferita all'anno 2016 relativa a produzione termoelettrica ed emissioni

Per arrivare ad una comparazione tra le tipologie di produzione elettrica, per quanto riguarda l'aspetto delle emissioni atmosferiche, occorre ricavare fattori di conversione, indicanti le emissioni generate per MWh di produzione termoelettrica (Tabella 1).

In particolare si ricava che la quantità di emissione di CO<sub>2</sub> prodotta per ogni MWh da fonte termoelettrica è pari a 532,9 kg, valore del tutto simile a quello stimato dal GSE nel suo rapporto di Ottobre 2017 pari a 536 Kg.

*Tabella 1 - Emissioni evitate per MWh*

<b>Emissioni evitate per MWh</b>			
<b>Gas serra</b>	<b>Anidride carbonica - CO<sub>2</sub></b>	0,532964	Ton/MWh
	<b>Metano - CH<sub>4</sub></b>	0,001163	Ton/MWh
	<b>Protossido di azoto - N<sub>2</sub>O</b>	0,002667	Ton/MWh
<b>Contaminanti atmosferici</b>	<b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub></b>	0,000417	Ton/MWh
	<b>Ossidi di zolfo - SO<sub>x</sub></b>	0,000126	Ton/MWh
	<b>Composti organici volatili non metanici - COVNM</b>	0,000168	Ton/MWh
	<b>Monossido di carbonio - CO</b>	0,001163	Ton/MWh
	<b>Ammoniaca - NH<sub>3</sub></b>	0,000001	Ton/MWh
	<b>Materiale particolato - PM<sub>10</sub></b>	0,000010	Ton/MWh

Associando successivamente tali fattori di conversione alla produzione elettrica da fonte eolica si ricavano le emissioni evitate grazie all'utilizzo del vento come fonte energetica.

L'impianto di Spinazzola consentirebbe di evitare le seguenti emissioni in atmosfera:

<b>Emissioni evitate</b>			
<b>Gas serra</b>	<b>Anidride carbonica - CO<sub>2</sub></b>	41.443,30	Ton/anno
	<b>Metano - CH<sub>4</sub></b>	90,40	Ton/anno
	<b>Protossido di azoto - N<sub>2</sub>O</b>	207,41	Ton/anno
<b>Contaminanti atmosferici</b>	<b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub></b>	32,44	Ton/anno
	<b>Ossidi di zolfo - SO<sub>x</sub></b>	9,78	Ton/anno
	<b>Composti organici volatili non metanici - COVNM</b>	13,07	Ton/anno
	<b>Monossido di carbonio - CO</b>	90,40	Ton/anno
	<b>Ammoniaca - NH<sub>3</sub></b>	0,078	Ton/anno
	<b>Materiale particolato - PM<sub>10</sub></b>	0,782	Ton/anno

Andando invece a vedere le emissioni evitate durante la vita dell'impianto (25 anni) si ottengono i seguenti valori:

<b>Emissioni evitate nei 25 anni</b>			
<b>Gas serra</b>	<b>Anidride carbonica - CO<sub>2</sub></b>	1.036.082,54	Ton
	<b>Metano - CH<sub>4</sub></b>	2.260,01	Ton
	<b>Protossido di azoto - N<sub>2</sub>O</b>	5.185,30	Ton
<b>Contaminanti atmosferici</b>	<b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub></b>	811,06	Ton
	<b>Ossidi di zolfo - SO<sub>x</sub></b>	244,59	Ton
	<b>Composti organici volatili non metanici - COVNM</b>	326,77	Ton
	<b>Monossido di carbonio - CO</b>	2.260,01	Ton
	<b>Ammoniaca - NH<sub>3</sub></b>	1,96	Ton
	<b>Materiale particolato - PM<sub>10</sub></b>	19,57	Ton

A questi valori andrebbero aggiunti anche le emissioni CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> evitate, relative alle attività di estrazione, trasporto e fornitura dei combustibili fossili per gli impianti alimentati da fonti fossili, difficilmente quantificabili.

### **3. ANALISI COSTI BENEFICI DELL'IMPIANTO RISPETTO AD IMPIANTI DI UGUALE POTENZA FUNZIONANTI CON ALTRE RINNOVABILI**

L'area scelta nel comune di Spinazzola per l'installazione del parco eolico è un'area agricola sostanzialmente pianeggiante.

Sotto il profilo delle energie rinnovabili, quest'area potrebbe essere utilizzata oltre che per l'energia eolica, per la generazione di energia elettrica da solare fotovoltaico e da motori endotermici alimentati da Biogas prodotto dalla digestione anaerobica di prodotti e scarti agricoli.

Tuttavia prima di procedere con il confronto è necessario fare qualche considerazione sulle potenze in gioco e sulla superficie richiesta per ciascuna di queste tre tecnologie. Di seguito si mostra come la superficie richiesta dal biogas e le taglie commerciali di tale tecnologia portano ad escludere questa tipologia di impianto dalla rosa delle alternative per l'area in esame.

#### **3.1 Occupazione di suolo**

L'occupazione di suolo viene considerata al netto dell'area occupata dalla cabina di consegna dell'energia, che andrebbe realizzata e avrebbe le stesse dimensioni per qualsiasi impianto indipendentemente dalla fonte rinnovabile utilizzata.

**Il parco eolico** "Spinazzola", considerando la superficie occupata della viabilità di nuova realizzazione o che si andrà ad adeguare, l'area delle piazzole e l'area delle fondazioni per i nove aerogeneratori prevede di occupare una superficie complessiva pari a circa 31.411m<sup>2</sup>. Valore che verrà arrotondato per eccesso a **3,2 ha**.

Nel calcolo della superficie occupata non sono state prese in considerazione le aree spazzate dalle pale. Le aree in questione sono infatti di tipo agricolo, con la maggior parte dei terreni attualmente lavorati a seminativo. Tale tipologia di attività potrà essere portata avanti anche durante le fasi esercizio del parco eolico.

L'impianto fotovoltaico preso in considerazione è un impianto di tipo fisso con pannelli posati direttamente sul terreno.

Questa tipologia di impianto, per un funzionamento ottimizzato (ovvero andando ad eliminare zone di ombreggiamento, anche parziale, tra le diverse file di pannelli) caratterizzato dalle tecnologie impiantistiche e costruttive più avanzate, necessita di un area pari a **2,5 ha/MW**.

**Un parco fotovoltaico** avente una potenza di 32,4 MW, necessita quindi di una superficie pari a **81 ha**.

Per quanto riguarda **il biogas** da biomassa, la stima delle superfici verrà analizzata tenendo in considerazione la taglia di 1 MW elettrico. A livello bibliografico la taglia degli impianti biogas

oscilla tra 40 kW e 1500 kW di potenza elettrica e circa il 60% degli impianti presenti in Italia è di taglia pari a 1 MW.

Esperienze dirette pregresse della società proponente e ricerche bibliografiche specifiche hanno portato a stimare, per un impianto di produzione di energie elettrica a biogas, una superficie occupata pari a circa 25.000 mq (**2,5 ha/MW**). Questo valore indica l'occupazione di suolo dell'impianto (vasche, motore, trincee, digestore...), ma bisogna considerare che per il funzionamento dell'impianto, in base alla dieta scelta, servono circa **200 ha** di terreno adibiti alla coltivazione della biomassa vegetale dedicati ad alimentare l'impianto. In questo senso il valore dell'occupazione di suolo nella fase di funzionamento dell'impianto è di **202,5 ha /MW**. Se fosse possibile realizzare un impianto della potenza di 32,4 MW o 32 impianti da 1 MW occorrerebbe una superficie agricola dedicata all'impianto di **6561 ha**.

Se il paragone si facesse invece che a parità di potenza a parità di energia elettrica generata, funzionando l'impianto a biogas 8000 ore anno contro le 2400 del parco eolico, la potenza dell'impianto biogas necessaria sarebbe di circa 10 MW e la superficie richiesta di **2025 ha**. **Questo dato viene ritenuto comunque eccessivo.**

Per questi motivi si è ritenuto che l'alternativa della generazione elettrica tramite biogas non possa essere percorribile nel caso di specie.

*Tabella 2 - Occupazione di suolo per le diverse tipologie di impianti FER*

<b>Tipologia di impianto</b>	<b>MW</b>	<b>ha</b>
Eolico	32,4	3.2
Fotovoltaico	32.4	81
Biogas	32,4/10	6561/2025

Analizzando questi valori, la realizzazione del parco eolico "Spinazzola" presenta un notevole vantaggio dal punto di vista dell'occupazione del suolo rispetto alle altre fonti rinnovabili prese in esame.

### **3.2 Emissioni**

E' utile ricordare che per gli impianti eolici e fotovoltaici, a differenza del biogas, la fase di esercizio è caratterizzata da emissione atmosferiche pari a 0.

Il biogas viene prodotto attraverso la digestione anaerobica o fermentazione di materiale organico biodegradabile. Questo processo avviene in condizioni controllate in digestori, dove vengono utilizzati diversi tipi e miscele di materiali organici, quali concimi, colture energetiche, fanghi. Il biogas prodotto contiene principalmente metano, biossido di carbonio e tracce di altri componenti. Questa composizione dipende dalla miscela organica di partenza usata per la produzione del biogas.

Il biogas prodotto alimenta un cogeneratore costituito da un motore a combustione interna (a ciclo Otto modificato o turbina a gas), accoppiato ad un alternatore ed a uno scambiatore di calore per il recupero termico. Il principio su cui lavora un cogeneratore si basa sull'ossidazione del metano mediante combustione; ne consegue una trasformazione del metano prevalentemente in CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e altri inquinanti che possono derivare dalla incompleta combustione.

Tutti gli impianti sono dotati di sistemi di controllo delle emissioni nocive per la riduzione e il controllo delle emissioni in atmosfera derivate da motori a combustione interna e da caldaie.

I valori limite delle emissioni sono regolamentati dal D. Lvo 152/2006 e ss.mm.ii.

Tra le rinnovabili l'eolico è tra le fonti che presentano mediamente i maggiori risparmi di gas serra per unità energetica prodotta (fonte GSE – rapporto di ottobre 2017).

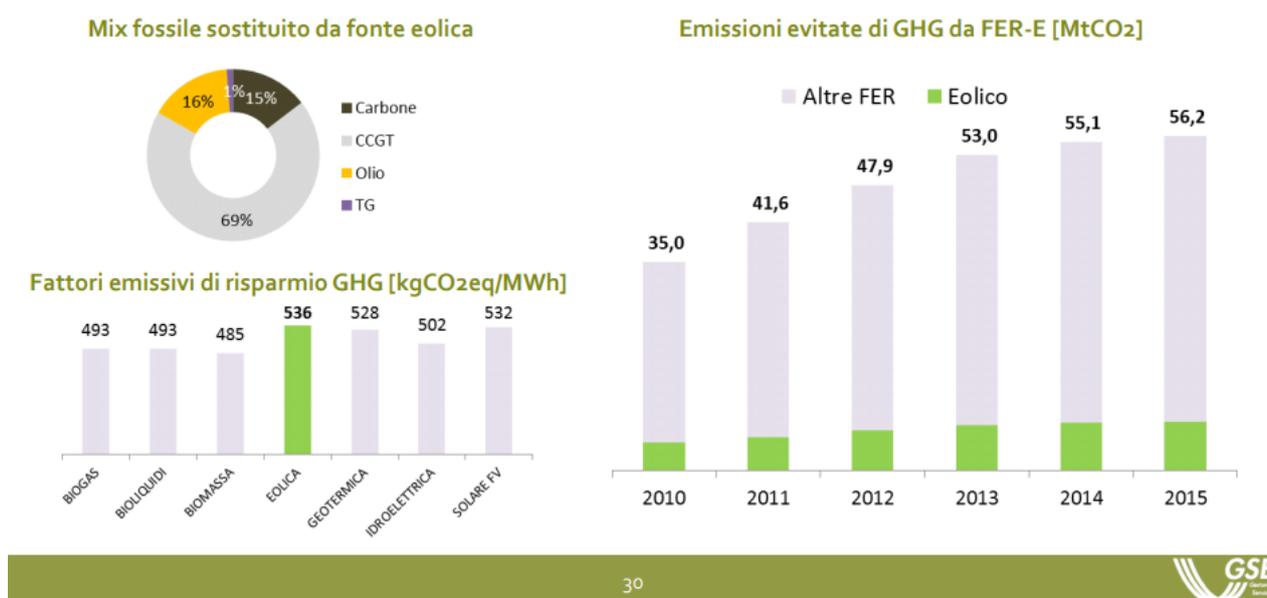


Figura 2 - Risparmio di gas serra per fonte rinnovabile (fonte GSE)

### 3.1 Costo del MWh

Di seguito si riportano i risultati del confronto del costo dell'energia generata dalle due tipologie di impianto alimentate dalle fonti rinnovabili possibili nell'area in oggetto, cioè eolico e fotovoltaico.

Il calcolo del costo è stato effettuato ipotizzando di assicurare una redditività (IRR) del 7% sul capitale investito (equity).

Di seguito si riportano le ipotesi considerate nel calcolo:

<b>IPOTESI FINANZIARIE</b>	
rapporto debt/equity	70/30
tenore del debito anni	16
costo del capitale % (tasso fisso)	3
redditività minima richiesta %(IRR)	7

<b>DATI E SPESE</b>		
	<b>eolico</b>	<b>fotovoltaico</b>
Potenza [MW]	32,4	32,4
Ore equivalenti di funzionamento	2.400	1.400 <sup>1</sup>
E.E. generata [MWh/anno]	77.760	45.360
Capex [K€/MW] <sup>2</sup>	1000	700
Opex [€/MW] <sup>3</sup>	34000	12.000
Costo del terreno [k€]	800 <sup>4</sup>	3240 <sup>5</sup>

Sulla base delle ipotesi sopra riportate i costi in €/MWh generato dalle due fonti è sostanzialmente comparabile.

<b>COSTO €/MWh</b>	
Eolico	52
Fotovoltaico	51,5

### 3.1.1 Oneri di sbilanciamento

Dal 1 gennaio 2015, alle unità di produzione a fonte rinnovabile programmabile e non programmabile (come fotovoltaico e eolico) per le quali il GSE è utente del dispacciamento, sono attribuiti i maggiori oneri o ricavi derivanti dall'attribuzione dei corrispettivi di sbilanciamento o dall'eventuale, qualora vi siano i presupposti, partecipazione del GSE al Mercato Infragiornaliero (MI) con il fine di ridurre lo sbilanciamento fisico.

I corrispettivi di sbilanciamento e i corrispettivi per la partecipazione al MI sono trasferiti ai produttori secondo le modalità definite nelle Regole Tecniche del GSE, all'interno delle quali sono definiti i coefficienti di stabilizzazione e di perequazione.

<sup>1</sup> fonte GSE "Rapporto statistico solare fotovoltaico 2017", Agosto 2018

<sup>2</sup> Dati stimati dalla società per esperienza nel settore

<sup>3</sup> Dati stimati dalla società per esperienza nel settore

<sup>4</sup> costo del terreno stimato in 80 k€/turbina

<sup>5</sup> costo del terreno stimato in 40 k€/ha

Tali costi, stimati da Elemens per fotovoltaico ed eolico nell'aprile 2018, sono riportati nella tabella seguente.

<b>COSTO sbilanciamento €/MWh</b>	
Eolico	1
Fotovoltaico	0,5

Considerando quindi v, i costi dell'energia prodotta in €/MWh per le due tipologie di impianti considerati restano sostanzialmente comparabili.

<b>COSTO complessivo €/MWh</b>	
Eolico	53
Fotovoltaico	52

### 3.1.2 Costi esterni

Le attività produttive in genere e quelle industriali in particolare, pur generando notevoli benefici, causano contemporaneamente effetti negativi sull'ambiente, sulla salute e sul benessere degli individui. L'economia tradizionale ha sempre considerato le risorse naturali come una "merce gratuita": esse, di fondamentale importanza per la maggior parte dei processi produttivi, sono state spesso usate e degradate senza che nessun costo sociale, legato alla loro depauperazione, venisse preso in considerazione. La difficoltà a monetizzare le risorse naturali ha fatto sì che il calcolo economico tradizionale abbia sempre lasciato in disparte la problematica relativa al danno ambientale causato da un'attività; è proprio a causa di questa esternalità rispetto al mercato che questi fenomeni sono stati definiti "esternalità ambientali".

L'esigenza di tradurre gli impatti ambientali in valori economici deriva dal fatto che fintanto che tali costi (o benefici) non vengono monetizzati, essi rimangono appunto esterni alle logiche di mercato, determinando quello che gli economisti chiamano *fallimento del mercato*: ovvero l'incapacità del mercato di allocare in maniera efficiente le risorse.

La metodologia semplificata utilizzata da Ricerca sul Sistema Elettrico RSE SpA nel documento "Energia elettrica, anatomia dei costi - aggiornamento dati al 2015" per il calcolo delle esternalità ambientali è una metodologia speditiva, messa a punto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente - EEA European Environment Agency, che consente di valutare in termini monetari il danno sulla salute e sull'ambiente provocato da:

- ✓ inquinanti atmosferici con effetti a scala locale e regionale: NH<sub>3</sub>, NO<sub>X</sub>, NMVOC, PM, SO<sub>2</sub>;
- ✓ inquinanti atmosferici con effetti a scala globale (effetto serra): CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> misurati come CO<sub>2</sub>EQ.

I ratei emissivi, cioè le emissioni di inquinanti per unità di energia prodotta, si riferiscono all'intero ciclo di vita dell'energia elettrica.

*Tabella 3 – Costi esterni per le diverse tipologie di impianti FER*

<b>Tipologia di impianto</b>	<b>€/MWh</b>
Eolico	Trascurabile
Fotovoltaico	2
Biogas	30

Considerando anche le esternalità ambientali, i costi dell'energia prodotta in €/MWh per le due tipologie di impianti considerati restano sostanzialmente comparabili, nonostante la tecnologia eolica sia leggermente più vantaggiosa.

<b>COSTO complessivo €/MWh</b>	
Eolico	53
Fotovoltaico	54

## **4. CONCLUSIONI**

Il presente documento ha analizzato ed illustrato l'effettivo vantaggio, sia dal punto di vista ambientale che economico, della tecnologia di produzione di energia da fonte rinnovabile eolica rispetto ai combustibili fossili e ad altre tipologie di fonti rinnovabili.

**In particolare il parco eolico di Spinazzola consente di generare energia elettrica per 77.760 MWh/anno ed evitare emissioni di 41.443 ton/anno di CO<sub>2</sub>, che diventano oltre 1 milione di tonnellate nell'arco dei 25 anni di vita dell'impianto rispetto ad un impianto alimentato a combustibili fossili.**

Rispetto invece ad un impianto fotovoltaico di pari potenza, il parco eolico di Spinazzola è in grado di generare maggior quantità di energia pari ad oltre il 70% (77.760MWh contro 45360 MWh) a fronte di un utilizzo di un area del 96% inferiore (3,2 ha contro 81 ha); i costi di generazione delle due fonti sono sostanzialmente comparabili.

Analizzando quindi l'energia elettrica generata, la quantità di emissioni evitate, l'occupazione di suolo ed i costi di produzione, risulta che la fonte di tipo eolico nel sito specifico sia da preferire rispetto ad un ipotetico impianto fotovoltaico di pari potenza.