



CITTA' METROPOLITANA
DI CAMPOBASSO



REGIONE MOLISE



COMUNE di
COLLEORTO



COMUNE di
SAN GIULIANO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI COMUNI DI COLLEORTO E SAN GIULIANO DI PUGLIA, CON OPERE DI CONNESSIONE IN SANTA CROCE DI MAGLIANO E ROTELLO



Proponente		<p>GRV Wind Molise 1 S.r.l. via Durini, 9 - 20122 Milano info@grvalue.com</p>	 
------------	---	--	--

Progettazione		<p><i>Viale Michelangelo, 71</i> <i>80129 Napoli</i> <i>TEL.081 579 7998</i> <i>mail: tecnico.inse@gmail.com</i></p>	<p>Amm. Francesco Di Maso Ing. Nicola Galdiero Ing. Pasquale Esposito</p> <p>Collaboratori: Gen. V.E. Iervolino Dott. A. Ianni Ing. V. Triunfo Ing. G. D'Abbrunzo Arch. C. Gaudiero Geom. F. Malafarina Arch. M. Mauro</p>
---------------	---	--	--

Nome Elaborato:

RELAZIONE ANALISI COSTI E BENEFICI

00	15-12-2021	PRIMA EMISSIONE	INSE Srl	INSE Srl	GRV Wind Molise 1 srl	
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione	
Scala:	-:-					
Formato:	A4	Codice Pratica	S239	Codice Elaborato	AS239-SI11-R	

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI	3
2.1	COSTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA E DEI COSTI AMBIENTALI	3
2.2	I COSTI ESTERNI CHE RICADONO SULLA COMUNITÀ.....	4
2.3	RISPARMIO DI EMISSIONI DI CO ₂ E RELATIVI BENEFICI	5
3	ANALISI COSTI BENEFICI DELL'IMPIANTO RISPETTO AD IMPIANTI DI UGUALE POTENZA FUNZIONANTI CON ALTRE RINNOVABILI	8
3.1	OCCUPAZIONE DI SUOLO.....	8
3.2	EMISSIONI.....	10
3.3	COSTO DEL MWH.....	12
4	CONCLUSIONI	13

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di analizzare i costi e i benefici derivanti dalla realizzazione del parco eolico ubicato nei comuni di Colletorto (Cb) e di San Giuliano di Puglia (Cb) proposto dalla società GRV Molise 1 S.r.l., soggetta ad attività di direzione e coordinamento di GR Value (Green Resources Value S.p.a.).

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n.7 aerogeneratori di potenza nominale di 6,2 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 43,4 MW, con rotore pari a 170 m di diametro e altezza mozzo 115 m per una H totale di 200 m.

Il crescente fabbisogno energetico ha indotto tutti gli Stati a favorire il ricorso a quelle fonti di energia che producono minori emissioni inquinanti e che non si esauriscono nel tempo. Lo sviluppo e l'incremento dell'impiego di fonti di energia rinnovabile è quindi, nel mondo, in forte crescita a testimonianza dell'efficienza e del valore del mercato eolico per i paesi industrializzati che devono, contemporaneamente, ottemperare a diverse esigenze quali quelle di abbattere le emissioni di CO₂ nell'atmosfera, utilizzare sorgenti non esauribili e nello stesso tempo aumentare la produzione energetica.

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 ne deriva.

L'energia eolica sembra meglio coniugare il soddisfacimento del citato fabbisogno con costi di produzione sempre più competitivi e quasi pari a quelli delle fonti energetiche convenzionali (carbone, petrolio, gas naturale). Tanto è dimostrato dai vari reports pubblicati dall'International Energy Association (IEA) e dall'European Wind Energy Association (EWEA).

Tuttavia, anche l'eolico al pari di tutte le altre fonti di energia rinnovabile, ha un impatto e un costo ambientale che richiede di essere identificato e stimato, quando si intenda realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica.

I costi ambientali possono essere definiti come, tutti quei costi derivanti dalla realizzazione di un progetto non sostenuti dal proponente ma imposti alla collettività per effetto di tale realizzazione. Essi sono anche definiti esternalità negative o diseconomie.

Nel corso degli anni Novanta, l'Unione Europea ha sviluppato un progetto denominato ExternE (Externalities of Energy), con l'obiettivo di definire i metodi e di aggiornare le stime dei valori delle esternalità ambientali derivanti dalla produzione di energia elettrica, con particolare riguardo a quella da fonti rinnovabili.

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

2 ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI

2.1 COSTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA E DEI COSTI AMBIENTALI

I costi della generazione di energia elettrica dal vento dipendono da vari fattori, in particolare dall'intensità del vento nel sito prescelto, dal costo delle turbine e delle relative attrezzature, dalla vicinanza alla rete elettrica nazionale e dall'accessibilità del sito. Innanzitutto, è opportuno ricordare, come l'individuazione e le caratteristiche anemologiche del sito prescelto, abbiano un'indubbia importanza economica, in quanto la fisica chiarisce che la potenza della vena fluida è proporzionale al cubo della velocità del vento: se quest'ultima dovesse raddoppiare, matematicamente si potrebbe ottenere un'energia otto volte maggiore. Inoltre, rispetto ad una tradizionale centrale di energia alimentata con combustibili fossili, una centrale energetica a fonte rinnovabile è caratterizzata dall'assenza di oneri per il "combustibile", in quanto il vento è una risorsa assolutamente gratuita e perciò disponibile liberamente. Da oltre venti anni, ossia da quando l'industria del settore ha cominciato a raggiungere la sua maturità commerciale, il costo dell'energia eolica è in continua diminuzione, grazie alle economie di scala legate all'ottimizzazione dei processi produttivi, alle innovazioni e al conseguente miglioramento delle prestazioni degli aerogeneratori eolici. Esistono vari studi che stimano i costi dell'energia generata da impianti eolici, molti dei quali utilizzano l'approccio del "costo di produzione costante dell'energia" rapportato all'intera vita operativa dell'impianto, meglio conosciuto con l'acronimo LCOE (Levelized Cost of Energy). Questo tipo di approccio tiene conto dei costi di investimento del capitale, del costo delle operazioni di manutenzione degli impianti (O&M) e del costo del combustibile. Costituisce inoltre un punto di riferimento nelle analisi dei costi di produzione dell'energia elettrica derivante dalle diverse fonti esistenti. Studi recenti evidenziano come il costo del capitale risulti essere il principale componente per le tecnologie non fossili, mentre, al contrario, il costo del combustibile ha un peso molto grande per la maggior parte di quelle fossili.

Come indicato dai dati rilevati da Althesis nell'ultimo IREX Report 2021 il costo medio dell'energia elettrica prodotta da fonte eolica in Europa nel 2020, inteso come Levelized Cost of Electricity (LCOE), è stato di 47,6 euro a MWh. L'approvazione dei nuovi obiettivi climatici UE apre le porte a una nuova trasformazione del sistema energetico, per la quale il settore elettrico è chiamato a svolgere un ruolo chiave. Per coglierne le opportunità serve una visione di lungo termine, al cui centro risiedano tre pilastri: minimizzazione dei costi, sicurezza degli approvvigionamenti ed equità sociale. Permetterci più snello, sviluppo degli accumuli, sostegno alle nuove tecnologie, riforma del sistema fiscale, sono tra le principali misure per le policy future. Nuove sfide riguardano il disegno di una nuova architettura di mercato elettrico a supporto della transizione verso un settore decarbonizzato, che non sia da ostacolo alla competitività delle imprese e che favorisca, invece, un rilancio industriale.

2.2 I COSTI ESTERNI CHE RICADONO SULLA COMUNITÀ

Nella determinazione dei costi associati ad un impianto di produzione di energia da fonte eolica, occorre considerare anche i costi ambientali, definiti esternalità negative o diseconomie. Come sopra evidenziato, trattasi di quei costi non sostenuti dal proponente ma imposti alla collettività, per effetto della realizzazione dell'impianto eolico.

Una categoria è quella dei costi esterni, cioè quei costi che non rientrano nel costo complessivo di gestione e non ricadono quindi su produttori e consumatori. Sono però costi imposti dalla società e comprendono tutti potenziali danni causati all'ambiente o alla salute dell'uomo dall'utilizzo di uno specifico combustibile durante tutta la gestione del prodotto, dall'acquisizione alla dismissione. Questi costi sostenuti dalla società rappresentano generalmente il 2% del prodotto interno lordo dell'Unione Europea. I metodi tradizionali di valutazione economica non ne tengono conto, rendendo difficile un confronto fra le tecnologie impiegate per lo sfruttamento di fonti rinnovabili e non. La Commissione Europea attraverso il cosiddetto progetto "ExternE", valuta i costi esterni legati alla produzione di energia elettrica lungo tutta la vita di un impianto.

FONTE	COSTO ESTERNO NELL'UE (c€/kWh)
CARBONE	2-15
PETROLIO	3-11
GAS	1-3
NUCLEARE	0,2-0,7

FONTE	COSTO ESTERNO NELL'UE (c€/kWh)
BIOMASSE	0,08-3
IDROELETTRICA	0,03-1
FOTOVOLTAICO	0,4-0,6
EOLICO	0,05-0,25

Fonte: Costi esterni di produzione di energia elettrica nei paesi UE dal progetto ExternE

Tabella 5 - Costi esterni derivanti da produzione di energia elettrica nei paesi UE

Figura 1: Costi esterni fonte ExternE

Nonostante i dati del progetto ExternE siano fermi al 2005, essi rappresentano, in ogni caso, un valido punto di partenza per identificare e quantificare i costi ambientali relativi alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica.

Lo studio in commento individua quali **esternalità rilevanti per gli impianti eolici, il rumore e l'impatto visivo**, ritenendo trascurabili, anche sotto il profilo monetario, gli impatti relativi alla flora, fauna, avifauna ed in generale sull'ecosistema, fatta eccezione per quegli impianti da costruirsi in aree di particolare valore

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

naturalistico (SIC-ZPS-PARCHI). Parimenti trascurabili sono considerati l'impatto elettromagnetico e quello sul suolo.

In considerazione delle suddette premesse e con riferimento al Parco Eolico in progetto, di seguito si individuano e si stimano i relativi costi esterni.

Considerando, come da figura 1, un valore medio pari a 0,0015 €/kWh

$43,4 \text{ MW} \times 2.265 \text{ h} = 98.301 \text{ MWh} = 98.301.000 \text{ kWh}$

Costo esterno = $0,0015 \text{ €/kWh} \times 98.301.000 \text{ kWh} \times 20 \text{ anni} = 2.949.030 \text{ €}$

Tale valore risulta triplicato per l'utilizzo di un altro impianto a fonte rinnovabile come il fotovoltaico e addirittura cinquanta volte per l'utilizzo di impianti convenzionali a carbone o petrolio.

2.3 RISPARMIO DI EMISSIONI DI CO₂ E RELATIVI BENEFICI

Tra i benefici che un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica garantisce al Paese in cui è installato, vi sono i valori delle immissioni di CO₂ che vengono evitate poiché l'eolico rappresenta una fonte di energia "pulita". Trattasi, quindi, di una esternalità positiva per la quale occorre determinare il relativo valore economico.

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 gli impianti eolici installati ammontano ad 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 CO₂ evitate.

Inoltre, il GWEC, (Global Wind Energy Council) rende noto nel suo rapporto annuale come l'incremento nel 2019 sia stato di ben 60,4 GW, pari ad una crescita del 19% rispetto agli impianti installati l'anno precedente. Nel suo complesso la crescita è stata del 10% passando da 590,6 GW a 651 GW circa.

Nel caso specifico, per il calcolo delle emissioni evitate, si sono presi a riferimento i dati elaborati dal GSE (Il punto sull'eolico 2019) e da ISPRA (Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas ad effetto serra nel settore elettrico 2019).

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

Pertanto, assumendo quale prezzo medio della CO₂ l'importo di 23,11 €/t (fonte SENDECO2), ovvero 0,02311 €/kg, e considerando un risparmio di immissioni in atmosfera di 0,56 kg di CO₂ per ogni kWh (fonte Ministero Ambiente), possiamo stimare il valore monetario del beneficio ambientale in questione come segue:

$$0,02311 \text{ €/kg} \times 0,56 \text{ kg/KWh} = 0,012942 \text{ €/KWh}$$

$$\text{Costo positivo: } 0,012942 \text{ €/KWh} \times 98.301.000 \text{ kWh} \times 20 \text{ anni} = 25.444.231 \text{ €}$$

Monetizzando il risparmio di CO₂ avuto con l'installazione dell'impianto in progetto, si ha un beneficio stimato pari a circa 25,5 milioni di euro.

Risparmio di emissioni di CO₂ e NO_x, rispetto ad impianti termici

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

La combustione nel settore elettrico è inoltre responsabile delle emissioni in atmosfera di contaminanti che alterano la qualità dell'aria. Nella seguente tabella sono riportate le emissioni dei principali contaminanti atmosferici quali ossidi di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (SO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH₃) e materiale particolato (PM₁₀).

Anno 2019

Produzione termoelettrica lorda **208.800.000 MWh**

Emissioni (relative al settore "energia elettrica e calore")			
Gas serra	Anidride carbonica - CO₂	106.900.000	ton
	Metano - CH₄	230.000	ton
	Protossido di azoto - N₂O	530.000	ton
Contaminanti atmosferici	Ossidi di azoto - NO_x	80.700	ton
	Ossidi di zolfo - SO_x	226.000	ton
	Composti organici volatili non metanici - COVNM	2700	ton
	Monossido di carbonio - CO	34.700	ton
	Ammoniaca - NH₃	200	ton
	Materiale particolato - PM₁₀	1900	ton

Tabella 1: Fattori di emissione dei combustibili elaborati da ISPRA.

Per giungere 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 (in ton) generate

per MWh di produzione termoelettrica (Tabella 1). In particolare, si ricava che la quantità di emissione di CO₂ prodotta per ogni MWh da fonte termoelettrica è pari a 511 kg.

Emissioni evitate per MWh		
Gas serra		
Anidride carbonica - CO₂	0,511973	Ton/MWh
Metano - CH₄	0,001102	Ton/MWh
Protossido di azoto - N₂O	0,002538	Ton/MWh
Contaminanti atmosferici		
Ossidi di azoto - NO_x	0,000386	Ton/MWh
Ossidi di zolfo - SO_x	0,001082	Ton/MWh
Composti organici volatili non metanici - COVNM	0,000013	Ton/MWh
Monossido di carbonio - CO	0,000166	Ton/MWh
Ammoniaca - NH₃	0,000001	Ton/MWh
Materiale particolato - PM₁₀	0,000009	Ton/MWh

Tabella 2: Emissioni di inquinanti evitate per MWh.

Utilizzando i fattori di conversione sopra determinati al parco eolico di progetto, si ottengono le tonnellate di inquinanti evitate rispetto al tradizionale termoelettrico:

Emissioni evitate per MWh e per vita utile dell'impianto		
	Ton/anno	Ton/20anni
Gas serra		
Anidride carbonica - CO₂	50327,475	1.006.550,000
Metano - CH₄	108,282	2.165,635
Protossido di azoto - N₂O	249,519	4.990,376

Contaminanti atmosferici		
Ossidi di azoto - NO _x	37,993	759,855
Ossidi di zolfo - SO _x	106,398	2.127,972
Composti organici volatili non metanici - COVNM	1,271	25,423
Monossido di carbonio - CO	16,336	326,728
Ammoniaca - NH ₃	0,0941	1,883
Materiale particolato - PM ₁₀	0,894	17,890

Tabella 3: Tonnellate di inquinanti evitate per MWh/anno e per 20 anni.

Dai risultati tabellati si evince che l'impianto eolico in progetto porterà un risparmio di circa 1 milione di tonnellate di CO₂ e di 760 tonnellate di NO_x nell'arco della sua vita utile stimata in 20 anni.

A questi valori andrebbero aggiunti anche le emissioni CO₂ e NO_x 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

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.

3.1 OCCUPAZIONE DI SUOLO

Il parco eolico in progetto, considerando la superficie occupata dalla viabilità di nuova realizzazione o che si andrà ad adeguare, l'area delle piazzole e l'area della stazione di trasformazione, prevede di occupare una superficie complessiva pari a circa 63.673 m². Pari a 6,4 ha.

Nel calcolo della superficie occupata non sono state prese in considerazione le aree spazzate delle pale e le aree di occupazione temporanea (12-18 mesi) necessarie alla costruzione del parco eolico da restituire successivamente alle opere agricole. 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 di esercizio del parco eolico.

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

Un impianto fotovoltaico, di tipo fisso con pannelli posati direttamente sul terreno sviluppa circa 1 MW per ettaro di terreno utilizzato. Pertanto, se si volesse costruire un impianto fotovoltaico con la stessa potenza installata del parco eolico in progetto, dovrebbero essere utilizzati circa 43 ha di terreno.

Si comprende come un impianto eolico ha un indice di utilizzo del suolo inferiore rispetto alla tecnologia fotovoltaica.

Il dato aumenta ulteriormente se si considera che a parità di potenza, l'energia prodotta da un impianto fotovoltaico è inferiore rispetto all'impianto eolico. Infatti, 43,4 MW fotovoltaici, sviluppano circa 56.420 MWh (si è considerato un indice di 1.300 MWh/MW installato – fonte PVGIS) ben inferiore alla produzione del parco eolico.

Quindi se si volesse installare un parco fotovoltaico che garantirebbe ugual produzione energetica dell'impianto eolico in progetto, bisognerebbe avere una superficie utilizzata di circa:

Potenza necessaria per avere stessa produzione= $98.301 \text{ MWh} / 1300 \text{ MWh/MW} = 75,62 \text{ MW}$

Superficie necessaria= $75,62 \text{ MW} \times 1 \text{ ha/MW} = 75,62 \text{ ha di terreno.}$

In questo caso l'impianto eolico ha un **utilizzo di suolo ben 12 volte inferiore al fotovoltaico** per ottenere la stessa produzione elettrica di energia.

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.

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, digestori), ma bisogna considerare che per il funzionamento dell'impianto, in base alla dieta scelta, servono circa **100 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 **102,5 ha /MW**.

Se fosse possibile realizzare un impianto della potenza di 43,4 MW o 43 impianti da 1 MW occorrerebbe una superficie agricola dedicata all'impianto di **4448,5 ha**.

Se il paragone si facesse sull' energia elettrica generata, funzionando l'impianto a biogas 8000 ore anno, la potenza dell'impianto biogas necessaria per raggiungere la produzione stimata dell'impianto eolico in esame,

GRV Wind Molise 1 S.r.l. 	Relazione analisi costi e benefici	Cod. AS239-SI11-R	
		Data 15/12/2021	Rev. 00

sarebbe di circa 12 MW (98.301 MWh/8000h) e la superficie richiesta di **1259,5 ha**. **Questo dato viene ritenuto eccessivo.**

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

Tipologia di impianto	MW	ha
Eolico	43,4	6,4
Fotovoltaico	75,6	75,6
Biogas	12,3	1.259,5

Tabella 4: Occupazione di suolo per diverse tipologie di impianti FER necessaria ad ottenere la stessa produzione di energia elettrica.

Analizzando questi valori, la realizzazione del parco eolico in progetto presenta un notevole vantaggio dal punto di vista dell'occupazione del suolo rispetto alle altre fonti rinnovabili considerate, tra le più sviluppate.

3.2 EMISSIONI

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

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 CO₂ e H₂O 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).

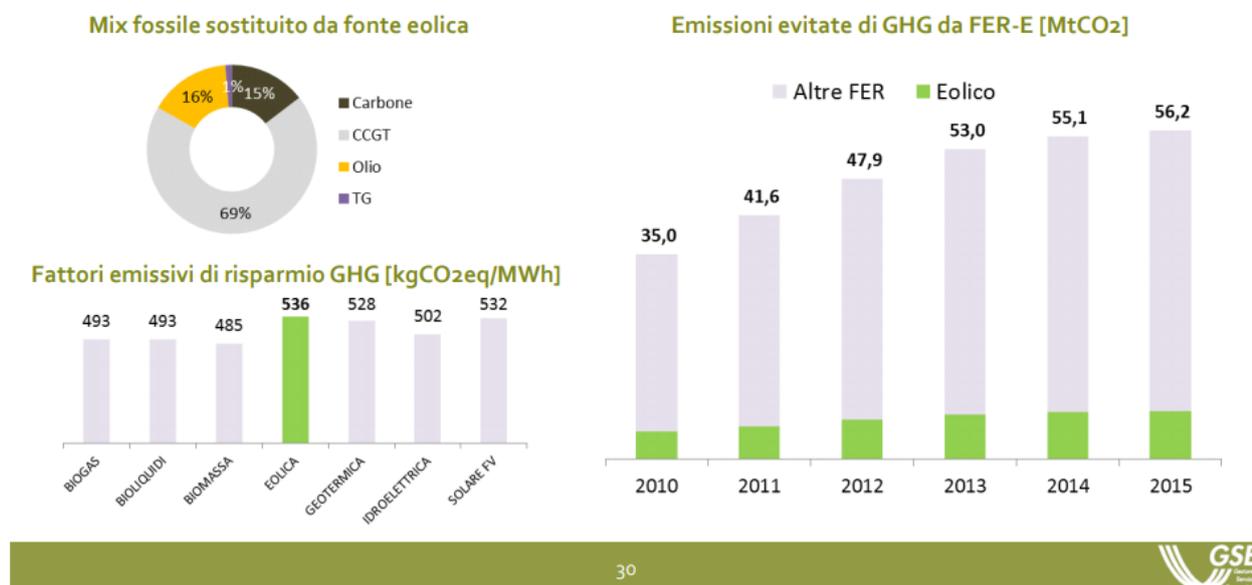


Figura 2: Risparmio di gas serra per fonte rinnovabile

Secondo l'ISPRA, l'Istituto Superiore per la Produzione e la Ricerca Ambientale, nel report 2020 denominato: **"Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei"**, lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico nazionale ha avuto un rilevante impulso a partire dal 2007 nonostante l'arresto negli ultimi anni dell'andamento positivo osservato fino al 2014. La quota di energia elettrica rinnovabile rispetto alla produzione totale lorda è passata da 15,3% nel 2007 a 43,1% nel 2014 per scendere fino a 35,1% nel 2017 e risalire a 39,5% nel 2018, soprattutto per l'incremento di produzione della fonte idroelettrica. Le prime stime per il 2019 mostrano un consolidamento dell'incremento registrato senza significativa crescita. **Lo sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico è una conseguenza delle politiche di riduzione delle emissioni di gas serra e degli obiettivi di incremento della quota di energia rinnovabile nei consumi finali.** Tale incremento nel settore elettrico è stato possibile attraverso diverse misure quali incentivazione e priorità di dispacciamento dell'energia elettrica da fonti rinnovabili. La riduzione dei consumi che la crisi economica ha determinato dal 2007 ha portato, parallelamente al crescente investimento in nuova potenza rinnovabile, l'incremento della quota delle fonti rinnovabili. Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche del settore elettrico si osserva una rapida diminuzione dei fattori di emissione di CO₂ per la generazione elettrica. I risultati possono essere sintetizzati come segue:

- le emissioni di CO₂ sono diminuite da 126,2 Mt nel 1990 a 85,4 Mt nel 2018, mentre la produzione lorda di energia elettrica è passata nello stesso periodo da 216,6 TWh a 289,7 TWh; i fattori di emissione di CO₂ per la generazione di energia elettrica mostrano quindi una rapida diminuzione nel periodo 1990-2018. Considerando anche le emissioni dovute alla produzione di calore nel 2018 le emissioni di CO₂ del settore elettrico ammontano a 97,8 Mt;
- le emissioni di CH₄ e N₂O incidono da 0,4% a 0,7% sulle emissioni di gas serra totali provenienti dal settore elettrico per la produzione di elettricità e calore;

- i fattori di emissione dei principali inquinanti atmosferici emessi dal settore elettrico mostrano una costante diminuzione. In particolare si registrano significative riduzioni rispetto al 2005 dei fattori di emissione di ossidi di azoto (-40,7%) e PM10 (-82,2%).
- l'analisi della decomposizione mostra che storicamente l'aumento dell'efficienza tecnologica nel settore termoelettrico e il connesso incremento della quota di gas naturale hanno avuto un ruolo dominante nella diminuzione delle emissioni di CO₂, mentre negli ultimi anni il significativo incremento della quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili assume un ruolo prevalente rispetto agli altri fattori considerati;
- l'analisi della decomposizione dei consumi elettrici mostra che l'efficienza contribuisce alla riduzione delle emissioni atmosferiche solo nel settore industriale che rivela una struttura piuttosto eterogenea per i diversi comparti, mentre nel settore terziario la diminuzione dei fattori di emissione è compensata dall'incremento dei consumi elettrici.

I fattori di emissione nel settore per la generazione e il consumo di energia elettrica sono indispensabili per la programmazione e il monitoraggio di iniziative volte alla riduzione delle emissioni di gas serra che coinvolgano il settore elettrico, in relazione alle strategie di sviluppo del settore a livello nazionale e alle misure di risparmio energetico che è possibile adottare anche a livello locale. Il potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra può essere valutato solo attraverso la conoscenza dei fattori di emissione per la produzione di energia elettrica dalle diverse fonti energetiche e la quantificazione del contributo dei fattori determinanti la variazione delle emissioni atmosferiche. I fattori di emissione forniti nel presente studio consentono di effettuare una stima delle emissioni di CO₂ evitate in seguito al contributo di diverse componenti e l'analisi della decomposizione fornisce una quantificazione del relativo contributo. ***In termini pratici, utilizzando i fattori di emissione per i consumi elettrici stimati per il 2018, il risparmio di un kWh a livello di utenza media consente di evitare l'emissione in atmosfera di un quantitativo di CO₂ pari al rispettivo fattore di emissione nazionale, ovvero 281,4 g CO₂, mentre la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili consente di evitare l'emissione di 493,8 g CO₂ con il mix di combustibili fossili del 2018.*** L'Italia ha ridotto il fattore di emissione per la produzione di elettricità e calore del 48,8% dal 1990 al 2018, contro una riduzione del 34,2% della Germania e del 11,5% della Polonia. Queste percentuali di riduzione sono le più basse tra i principali Paesi emettitori in Europa. Inoltre, questi Paesi sono caratterizzati dai fattori di emissione più elevati. La riduzione dei fattori di emissione di gas serra dal 1990 in Germania e Polonia di pari entità a quanto registrato per l'Italia avrebbe determinato, a parità di energia elettrica e termica prodotta nel 2018, una mancata emissione di 122,8 Mt CO₂eq, quasi il 12% delle attuali emissioni del parco termoelettrico europeo.

3.3 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.

DATI E SPESE		
	eolico	fotovoltaico
Potenza [MW]	43,4	43,4
Ore equivalenti di funzionamento	2.265	1.300

E.E. generata [MWh/anno]	98.301	56.420
Capex [k€/MW] ²	1000	700
Opex [€/MW] ³	34.000	12.000
Costo del terreno [k€]	700	1176
Costo €/Mwh/20anni	18	28

Tabella 5: Dati stimati dalla Società: costo del terreno stimato in 100 k€/turbina - costo del terreno stimato in 40 k€/ha.

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 in progetto consente di generare energia elettrica per 98.301 MWh/anno ed evitare emissioni di 50327 ton/anno di CO₂, che diventano oltre 1.006.550 tonnellate nell'arco dei 20 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 in progetto è in grado di generare maggior quantità di energia pari al 57% (98.301 MWh contro 56.420 MWh) a fronte di un utilizzo di un'area dell'9 % inferiore; i costi di generazione delle due fonti sono favorevoli all'eolico.

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 resoconto costi-benefici risulta conveniente rispetto alle fonti energetiche tradizionali e rispetto ad altre fonti rinnovabili come il fotovoltaico.