



## WIND FARM "CIAVATTA"

RELAZIONE TECNICA SULLA STIMA DELLE EMISSIONI E  
DELL'ANALISI DEL CICLO DI VITA DELL'IMPIANTO  
(Risposta punto 5. Integrazioni)

Serracapriola (FG)

Giugno 2022

REF.: OW9040070DW

Version: A



renewables

Investor

  
*Ing. Massimo Candeo*

**Ing. Massimo Candeo**  
Ord. Ing. Bari 3755  
[stimdue@stimeng.it](mailto:stimdue@stimeng.it)

**Ing. Gabriele Conversano**  
Ord. Ing. Bari 8884  
[g.conversano@stimeng.it](mailto:g.conversano@stimeng.it)

Collaborazione  
**Ing. Antonio Campanale**  
Ord. Ing. Bari 11123



STIM Engineering srl  
via Garruba 3  
70121 Bari  
080/5210232  
[segreteria@stimeng.it](mailto:segreteria@stimeng.it)

La presente relazione intende rispondere alle richieste di integrazioni pervenute in merito all'analisi delle emissioni e del ciclo di vita di un parco eolico denominato "CIAVATTA" costituito da 13 WTG da 6,0 MW/cad sito in agro del comune di Serracapriola.

Le richieste di integrazione sono pervenute dal Ministero della Transizione ecologica in data 17/06/2022 con n. di protocollo [m\_amte.CTVA.REGISTRO UFFICIALE.U.0004015.17-06-2022] – ID\_VIP\_6140.

Questa relazione intende rispondere e chiarire le richieste di integrazione avanzate al punto 5:

## 5. COMPENSAZIONE

▪ Non risultano adeguatamente contabilizzate le emissioni dovute alle fasi di produzione dei materiali (calcestruzzo, metalli, ...) e alla messa in opera dell'impianto, valutate in ottica ciclo di vita, che dovranno essere opportunamente compensate.

▪ In riferimento agli aerogeneratori, si ritiene necessario approfondirne le caratteristiche costruttive e le modalità di scelta dei materiali, con particolare attenzione alle valutazioni effettuate in ottica di ecodesign e di economia circolare per favorirne la durata (Increased lifetime), lo smontaggio (Design for disassembling), il riuso o il riciclo a fine vita (Improved recyclability).

In particolare, dato che il riuso potrà coinvolgere però solo una parte della quantità di aerogeneratori dismessi, si ritiene necessario utilizzare approcci innovativi per il riciclo dei materiali stessi degli aerogeneratori ed effettuare valutazioni accurate relativamente alla scelta dei materiali facendo riferimento alle più recenti ricerche nel settore (Accelerating Wind Turbine Blade Circularity, WindEurope, Cefic and EuCIA, May 2020).

### ***Fase di esercizio – emissioni di CO2 evitate dall'impianto eolico in progetto***

In tale paragrafo, sono state calcolate le emissioni di CO<sub>2</sub> evitate dalla produzione di energia rinnovabile da fonte eolica per sostituzione di impianti tradizionali alimentati da fonti fossili.

Nello studio di impatto ambientale è stato indicato ***il fattore di sostituzione di emissione di gas serra di un impianto alimentato da fonti rinnovabili***, rispetto alla media degli impianti tradizionali alimentati da fonti fossili, ***pari a 518,34 gCO<sub>2</sub>/kWh***, da cui si possono dedurre i dati nella tabella seguente, utilizzando i risultati della stima della producibilità dell'impianto dello studio anemologico.

È stato riportato il percentile P50; esso rappresenta il valore a cui corrisponde il 50% di probabilità di ottenere, nella realtà, un valore maggiore o uguale a quello riportato.

Al percentile su riportato, si stima che l'impianto eolico di progetto potrà produrre 196,56 GWh all'anno, per un totale di 2520 ore equivalenti.

*STIMA DELLA PRODUCIBILITA' P50*

Nome Impianto	Numero N° WTG	Potenza nominale (MW)	Potenza impianto (MW)	H mozzo (m)	Producibilità Annuia P50 (GWh/anno)	Ore equivalenti (ore/anno)
CIAVATTA	13	6	78	115	<b>196,56</b>	<b>2520</b>

*CALCOLO EMISSIONI EVITATE DALL'IMPIANTO EOLICO*

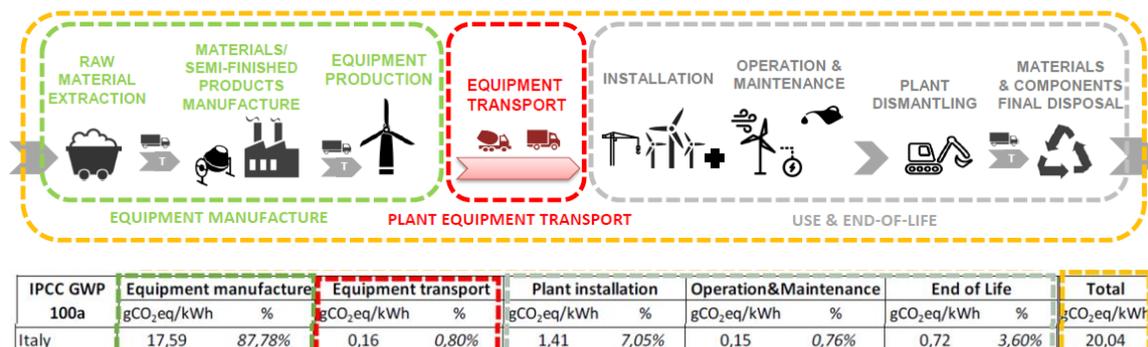
fattore di emissione	518,34	gCO <sub>2</sub> /kWh
producibilità annua	196,56	GWh/anno
producibilità annua	196.560	MWh/anno
producibilità annua	196.560.000	kWh/anno
<b>emissioni evitate all'anno</b>	<b>101.884</b>	<b>ktCO<sub>2</sub>/anno</b>
anni di esercizio	20	anni
<b>emissioni evitate in 20 anni</b>	<b>2.037.698</b>	<b>ktCO<sub>2</sub></b>

Per la contabilizzazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> dovute alle fasi di produzione dei materiali per la costruzione degli aerogeneratori e alla messa in opera dell'impianto, si fa riferimento alla **metodologia LCA (Life Cycle Assessment)** per la valutazione degli impatti ambientali connessi con l'impianto eolico in progetto durante l'intero ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime necessarie per la produzione dei materiali e dell'energia per la produzione dei componenti degli aerogeneratori, fino al loro smaltimento o riciclo finale.

Il riferimento normativo internazionale per l'esecuzione di valutazioni di LCA è rappresentato dalle norme ISO della serie 14010:

- UNI ISO 14040:2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento;
- UNI ISO 14044:2018 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.

In particolare, per l'impianto eolico in progetto, prendendo in considerazione i dati forniti dal costruttore e relativi all'aerogeneratore SG170 per la country ITALIA, si può ipotizzare un **fattore di emissione unitario** pari a **20,04 gCO<sub>2</sub>/kWh** per l'intero ciclo di vita (LCA), cioè dalla produzione dei componenti degli aerogeneratori, al trasporto degli stessi, all'installazione e alla manutenzione in fase di esercizio, fino alla fase di fine vita dell'impianto.



**Emissioni totali di CO<sub>2</sub> nel LCA – SG-170 – Dati dal Fornitore**

Di seguito, si riporta l'impatto in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> dell'impianto eolico di progetto nell'intero Life Cycle Assessment.

**CALCOLO EMISSIONI PRODOTTE DALL'IMPIANTO (LCA)**

Fattore di emissione unitario	20,04	gCO <sub>2</sub> /kWh
producibilità annua	196,56	GWh/anno
producibilità annua	196.560	MWh/anno
producibilità annua	196.560.000	kWh/anno
<b>emissione prodotte</b>	<b>3.939,06</b>	<b>ktCO<sub>2</sub>/anno</b>
anni di esercizio	20	anni
<b>emissione totale in 20 anni</b>	<b>78.781,24</b>	<b>ktCO<sub>2</sub></b>

A questo punto, è possibile determinare le emissioni effettivamente evitate dall'esercizio del parco eolico al netto dell'intero LCA dell'impianto stesso, rispetto ad una uguale produzione da fonte fossile.

		Emissioni evitate dall'impianto	Emissioni prodotte per la realizzazione dell'impianto
Producibilità annuale	GWh	196.56	
Fattore unitario	gCO2/kWh	518.34	20.04
Emissioni/anno	ktCO2/anno	101 885	
Emissioni nei 20 anni	ktCO2	2 037 698	78 781
Saldo	ktCO2		1 958 917

Come si vede il saldo è ampiamente positivo, con le emissioni prodotte per la realizzazione dell'impianto che ammontano a meno del 4% delle emissioni evitate dall'impianto.

meno del 4% delle

### ANALISI DEL FINE VITA

In ottica di ecodesign e di stata analizzata anche la fase di per esempio identificando dismissione prevedendo il componenti e dei materiali impiegati.



### DELL'IMPIANTO<sup>1</sup>

economia circolare, è "fine vita" dell'impianto, scenari innovativi di riuso/riciclo dei

L'economia circolare nel sistema energetico consiste in design, processi e soluzioni che permettono di disaccoppiare il consumo di risorse dalla produzione di energia.



Input circolari: modello di produzione e utilizzo basato su input rinnovabili o da precedenti cicli di vita (riuso/riciclo);



Estensione della vita utile: approccio innovativo alla progettazione e gestione di un prodotto volto a estenderne la vita utile;



Prodotto come servizio: modello di business in cui il cliente acquista un servizio per un tempo limitato, mentre l'azienda mantiene la proprietà del prodotto, massimizzando il fattore di utilizzo e la vita utile;



Piattaforme di condivisione: sistemi di gestione comune tra più utilizzatori di prodotti, beni o competenze;

<sup>1</sup> Decommissioning of Onshore Wind Turbines – Industry guidance document – Wind Europe – Novembre 2020



Nuovi cicli di vita: ogni soluzione finalizzata a preservare il valore di un bene al termine del ciclo di vita grazie al riuso, rigenerazione e/o riciclo.

La vita utile media di un impianto eolico della tipologia in esame è dell'ordine dei 20 anni, conseguentemente gli scenari di analisi di fine vita dovranno essere necessariamente adattati alle evoluzioni tecnico-economiche che interverranno nei prossimi decenni.

L'economia circolare viene applicata con il **principio delle 4R**:

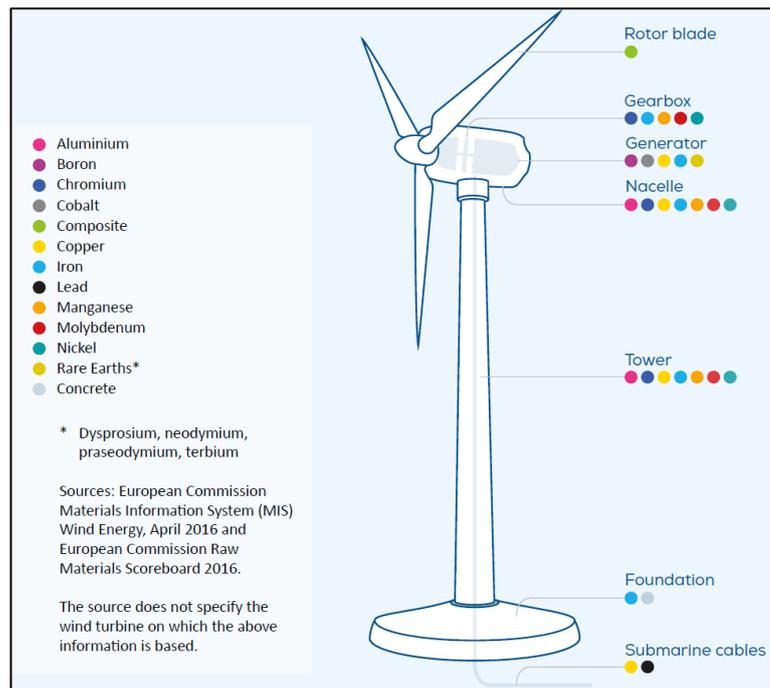
- **REDUCE**: la base del concetto di circolarità è ridurre i consumi di materia prima, progettando prodotti in modo che abbiano una durata a lungo termine, aumentando l'efficienza nella produzione e uso del prodotto e consumando meno risorse naturali e materie prime;
- **REUSE**: il riutilizzo comprende quella fase in cui un prodotto, arrivato alla fine del suo utilizzo, è ancora in buone condizioni e, mediante manutenzione periodica, può ancora svolgere la sua funzione originaria per lo stesso scopo per cui è stato concepito;
- **RECYCLE**: riciclo della materia che può essere utilizzata in nuovi processi produttivi;
- **RECOVER**: dove non arriva il riciclo arriva il recupero. I rifiuti vengono valorizzati sotto il profilo economico e diventa materia seconda o energia.

Per il settore eolico, in linea con il principio delle 4R, si stanno sviluppando nuovi modelli ed approcci sostenibili basati sulla *Prevenzione, Life Extension, Riuso e Riciclo*.



**Gerarchia per una green economy**

Nell'immagine sottostante si riportano i materiali costituenti un aerogeneratore tipo, per i quali è stata analizzata la "fine vita" dei principali materiali costituenti un parco eolico (*End of Life Approach*).



### **Materiali costituenti un aerogeneratore**

La maggior parte di una turbina eolica è costituita da materiali metallici e, quindi, risulta riciclabile al 100%.

Le pale, invece, essendo costituite dall'80-90% di materiali compositi (come resine epossidiche arricchite con fibre di vetro o carbonio) oltre ad altri materiali minori, non risultano facilmente riciclabili per la mancanza di una filiera consolidata sia nella valorizzazione della specie di rifiuto che nel successivo riutilizzo delle materie.

Tuttavia, nel campo dei materiali compositi stanno emergendo alcune soluzioni innovative rappresentate, ad esempio, da composti polimerici rinforzati con fibre naturali oppure da materiali compositi termoplastici che sono facilmente riciclabili.

Nel caso in cui il riutilizzo non sia possibile, comunque è possibile reimpiegare parti strutturali specifiche delle pale per una diversa applicazione, ad esempio per parchi giochi o arredo urbano o anche per strutture edilizie (*Accelerating Wind Turbine Blade Circularity, WindEurope, Cefic and EuCIA, May 2020*).

Inoltre, in base a recenti evoluzioni tecnologiche la vita utile dei materiali può essere allungata con l'implementazione di sistemi di monitoraggio (sensori di nuova generazione che forniscono informazioni sullo stato di salute delle turbine e sulla vita residua delle macchine che compongono l'aerogeneratore) che, in fase di esercizio, ne verificano l'efficienza, in modo da intervenire durante la vita utile del parco eolico con manutenzione e riparazioni mirate.

La soluzione di riuso da perseguire principalmente è il riutilizzo dell'aerogeneratore nel suo

complesso, opportunamente ricondizionato al fine di allungare la vita utile e l'efficienza.

Nella tabella sottostante, si riportano le ipotesi sull'utilizzo a "fine vita" dei principali materiali costituenti un impianto eolico (Environmental Product Declaration according to ISO 14025).

Sub-system	End of life hypothesis
Foundation materials	Above ground surface is removed and the rest is left in situ
Tower	Fully recyclable.
Blades	95 % Landfilled 5 % Repaired
Blade bearings	Fully recyclable
Hub	Fully recyclable
Rotor cover	Landfilled
Nacelle cover	Landfilled
Beam system / Nacelle structure	Fully recyclable
Main shaft	Fully recyclable
High speed shaft	Fully reusable / repairable
Gearbox	Fully reusable / repairable
Generator	90 % Recycled 10 % Landfilled
Transformer	85 % Recycled 15 % Landfilled
Pitch system	Fully reusable / repairable
Hydraulic group	Fully reusable / repairable
Yaw system	Fully recyclable
Crane system	Fully repairable
Electrical cabinets / converter	90 % Recycled 10 % Landfilled
Wind farm wiring and WTG cables	95 % Recycled 5 % Landfilled

Si può evidenziare, quindi, come il parco eolico di progetto sia perfettamente in linea con i principi dell'economia circolare.