

PROPONENTE

## Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44  
30174 Mestre (VE)

**REPOWER**  
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE



Sinergo Spa - via Ca' Bembo 152  
30030 - Maerne di Martellago - Venezia - Italy  
tel 041.3642511 - fax 041.640481  
sinergospa.com - info@sinergospa.com  
Numero di commessa interno progettazione:

20032



Tenproject Srl - via De Gasperi 61  
82018 S. Giorgio del Sannio (BN)  
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315  
tenproject.it / info@tenproject.it

Progettista :  
Ing. Nicola Forte



Ingegneria Progetti Srl - via della Libertà 97  
90143 - Palermo (PA)  
t +39 091 640 5229  
priolo@ingegneriaprogetti.com  
pupella@ingegneriaprogetti.com

Consulenti  
per TENPROJECT

N° COMMESSA

# 1443

**NUOVO PARCO EOLICO "BORGO CHITARRA"  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI MAZARA DEL VALLO - MARSALA**

**PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE**

ELABORATO

**ANALISI CICLO VITA IMPIANTO**

CODICE ELABORATO

## Int.MITE.03.1

NOME FILE

1443-PD\_A\_Int.MITE.03.1\_REL\_r00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	Febbraio 2022	PRIMA EMISSIONE	GF	PM	NF

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 1 di 11
---	------------------------------------	---	--

## INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA) DELL'IMPIANTO .....	3
2.1.	Informazione per i dati del progetto .....	3
2.2.	Fasi del ciclo di vita dell'impianto.....	4
2.3.	Assunzioni dell'analisi condotta .....	5
2.4.	Valutazione delle emissioni.....	9

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 2 di 11
---	------------------------------------	---	--

## 1. PREMESSA

Con nota m\_amteMATTM\_Registro Ufficiale.Ingresso.0127839 del 18-11-2021, il Ministero della Transizione Ecologica ha richiesto integrazioni relative al progetto d'impianto eolico proposto dalla società Repower Renewable S.p.a ed attualmente in iter di Valutazione 'impatto ambientale - VIA con codice ID\_VIP\_6021.

Il punto 3 della richiesta di integrazione così recita:

- *Non risultano adeguatamente e sufficientemente le misure previste per evitare, prevenire, ridurre e, se possibile, compensare gli impatti ambientali significativi e negativi identificati del progetto sia in fase di cantierizzazione, sia in fase di realizzazione e sia in fase di esercizio*
- *Non risultano contabilizzate le emissioni dovute alle fasi di produzione dei materiali (calcestruzzo, metalli, ...) ed alla messa in opera dell'impianto, valutate in ottica ciclo di vita, che dovranno essere opportunamente compensate.*

La presente relazione affronta il tema della contabilizzazione delle emissioni dovute alle fasi di produzione dei materiali ed alla messa in opera dell'impianto.

Per il calcolo delle emissioni, al fine di definire le dovute misure di compensazione, si è adottato un approccio secondo il criterio dell'LCA (Life Cycle Assessment) che, attraverso l'analisi del ciclo di vita dell'impianto eolico, consente di valutare le emissioni dovute ai materiali costituenti l'impianto e quelle relative alle varie fasi della vita dell'opera.

Per la definizione delle misure di compensazione si rimanda all'elaborato allegato 1443-PD\_A\_LCA-SIA02\_REL\_r00.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 3 di 11
---	------------------------------------	---	--

## 2. ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA) DELL'IMPIANTO

### 2.1. Informazione per i dati del progetto

Di seguito vengono presentati i dati delle emissioni dovute alle fasi di produzione dei materiali (calcestruzzo, metalli, ...) ed alla messa in opera dell'impianto, valutate in ottica ciclo di vita, considerando anche le fasi di manutenzione e dismissione dell'impianto dello stesso, con particolare riferimento alle emissioni in aria dei principali gas inquinanti o causa di effetto serra. La stima di tali emissioni è stata condotta applicando la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) ed utilizzando dati e informazioni resi disponibili dal produttore (VESTAS) degli aerogeneratori. Nel report "*Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V150-4.2 MW Wind Plant*" redatto da Vestas, viene valutato il potenziale impatto ambientale dovuto alla produzione di elettricità da un impianto eolico on-shore costituito da aerogeneratori Vestas V150-4.2 e avente potenza nominale pari a 100MW. Considerando che il sito in cui è ubicato l'impianto eolico di cui è stato valutato LCA ha condizioni anemologiche molto simili a quelle di Mazara del Vallo e che il modello di aerogeneratore previsto, salvo la diversa potenza, ha caratteristiche geometriche e costruttive pressoché molto simili, si è ritenuto ragionevole utilizzare i dati da essi forniti come una buona base di partenza per poter valutare le emissioni.

L'applicazione della metodologia LCA è stata eseguita in accordo alle norme della serie ISO standards for LCA (ISO 14040: 2006, ISO 14044: 2006).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dell'impianto di Mazara del Vallo oggetto dell'analisi:

Tempo di vita [anni]	20
Potenza nominale turbina [MW]	6,0
Numero aerogeneratori	8
Potenza nominale impianto [MW]	48
Altezza mozzo torre [m]	125
Diametro [m]	150
Velocità media del vento [m/s]	6,85
Classe del vento	Bassa (IEC3B)
Lunghezza cavidotto connessione rete [km]	13,52
Producibilità netta stimata [GWh/y]	123,47

**Tabella 1 – Caratteristiche impianto di progetto**

	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 4 di 11
---	------------------------------------	---	--

L'unità funzionale di riferimento per eseguire LCA è 1 kWh di energia elettrica consegnata alla rete elettrica nazionale e prodotta dall'impianto eolico di Mazara del Vallo avente potenza complessiva pari a 48 MW. Il tempo di vita utile dell'impianto è stato assunto pari a 20 anni.

## 2.2. Fasi del ciclo di vita dell'impianto

Il ciclo di vita dell'impianto eolico è stato suddiviso in 4 fasi che saranno di seguito brevemente descritte (figura 1):

- Produzione delle componenti necessarie;
- messa in opera dell'impianto;
- mantenimento in attività dell'impianto;
- fine vita.



**Figura 1 – Fasi del ciclo di vita di un impianto eolico**

### Produzione

Questa fase comprende la produzione di materie prime e la fabbricazione delle componenti che costituiranno l'impianto eolico come le fondazioni, le torri, le navicelle, le pale degli aerogeneratori, i cavi e le componenti della stazione di trasformazione. In tale studio è incluso il trasporto delle materie prime (ad esempio acciaio, rame, resina epossidica, ecc.) ai siti di produzione specifici.

### Allestimento impianto eolico

Questa fase prende in considerazione il trasporto dei componenti dell'impianto eolico al sito e la messa in opera dell'impianto stesso. I lavori in sito quali adeguamenti stradali, realizzazione di nuovi tratti di viabilità, realizzazione dei plinti di fondazione, posizionamento degli aerogeneratori, posa del cavidotto interno, installazione / montaggio della stazione di trasformazione e collegamento alla RTN sono inclusi nell'analisi di tale fase.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 5 di 11
---	------------------------------------	---	--

Il trasporto al sito delle varie componenti per l'installazione dell'impianto eolico include sia il trasporto su camion sia una parte di trasporto su nave marittima con dati specifici per le varie componenti dell'aerogeneratore come sarà di seguito mostrato.

### **Mantenimento in attività dell'impianto**

Tale fase prende in considerazione le principali attività necessarie al mantenimento in funzione dell'impianto quali, ad esempio, il cambio dell'olio, dei filtri e la sostituzione di parti usurate. Il trasporto associato al funzionamento e alla manutenzione, da e verso le turbine, è incluso nella valutazione di tale fase del ciclo di vita dell'impianto.

### **Fine vita**

Alla fine della vita utile dell'impianto, i principali componenti vengono smantellati e il sito viene bonificato allo stato concordato. Questa fase considera anche il trattamento di fine vita dei materiali che derivano dalla dismissione. In fase di redazione del piano di gestione dei rifiuti sono state valutate per ciascun tipo di rifiuto diverse possibili alternative: riciclaggio; incenerimento con recupero energetico, riutilizzo dei componenti e deposito in discarica. In base alla destinazione prevista del rifiuto e, quindi, in base alla possibilità o meno di un recupero energetico o materiale, si avranno potenziali impatti ambientali positivi o negativi. Il modello LCA per lo smaltimento della turbina tiene conto dei tassi di riciclaggio specifici dei diversi componenti, a seconda della purezza del materiale che lo compone e della facilità di smontaggio. Come sarà di seguito mostrato, la turbina VESTAS150 ha un tasso di riciclaggio elevato, il che contribuisce a limitare gli impatti dovuti all'impianto.

## **2.3. Assunzioni dell'analisi condotta**

LCA condotto ha alla base le seguenti assunzioni:

- La vita utile degli aerogeneratori e quindi dell'intero impianto è assunto pari a 20 anni. Poiché l'industria degli aerogeneratori è relativamente giovane, la stima della vita utile di un impianto è, ad oggi, affetta da incertezza e convenzionalmente stimata appunto intorno ai 20 anni. Tuttavia, Vestas, il principale produttore al mondo di aerogeneratori e produttore anche degli aerogeneratori previsti per il progetto, ha diretta conoscenza di diverse proprie turbine che hanno superato i 20 anni di vita utile inizialmente stimati. Tale considerazione fa sì che i risultati che si otterranno dall'LCA in termini di mg di emissioni per kWh, possano essere considerati estremamente cautelativi, dato che l'energia prodotta durante tutto il ciclo di vita sarà con ogni probabilità maggiore di quella ad oggi stimata.

L'energia prodotta dall'impianto è stata valutata in base alle condizioni anemologiche del sito. La velocità media del vento è pari a 6,85 m/s il che corrisponde ad un vento di classe bassa. Il dato di

	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00
		Data creazione	06/02/2022
		Data ultima modifica	18/02/2022
		Revisione	00
		Pagina	6 di 11

producibilità stimato tiene conto delle perdite elettriche legate ai cavi di trasmissione all'interno dell'aerogeneratore, al cavidotto, alla stazione di trasformazione e agli effetti di scia dovuti alle caratteristiche di ventosità del sito e alla posizione reciproca degli aerogeneratori. La perdita percentuale di produzione per effetto della scia è stata stimata pari al 4.05%. La produzione attesa al netto delle perdite per effetto scia è pari a 137.65 GWh/y. A tale valore, come detto, sono state sottratte le ulteriori perdite di energia (perdite elettriche, di produzione, di potenza) al fine di pervenire al valore dell'energia che risulterà disponibile per essere ceduta alla rete elettrica. Alla produzione attesa al netto della scia per tener conto delle ulteriori perdite è stato quindi applicato un fattore riduttivo pari a -10,05%, giungendo così ad una produzione netta cedibile alla rete pari a 123,81 GWh/y. I dati di producibilità ottenuti sono riportati nelle tabelle a seguire:

Site ID	Site X [m]	Site Y [m]	Elevation [m]	HH [m]	V [m/s]	Gross AEP [GWh]	Net AEP [GWh]	Losses [%]	Net Hours [h]
A01	289056	4184203	140	125.0	6.87	17.98	17.22	4.27	2869
A02	289962	4184458	156	125.0	7.10	19.01	18.12	4.69	3021
A03	290684	4184717	114	125.0	6.90	18.17	17.38	4.39	2896
A04	291092	4185145	106	125.0	6.86	18.00	17.35	3.58	2892
A05	290501	4183459	125	125.0	6.84	17.89	16.79	6.14	2799
A06	291723	4183903	96	125.0	6.70	17.25	16.54	4.15	2756
A07	292557	4184488	102	125.0	6.73	17.40	16.85	3.21	2808
A08	293208	4185046	122	125.0	6.80	17.75	17.40	1.97	2901
<b>Average</b>					<b>6.85</b>	<b>17.93</b>	<b>17.21</b>	<b>4.05</b>	<b>2868</b>
<b>Total</b>						<b>143.47</b>	<b>137.65</b>		

**Tabella 2– Tabella riassuntiva della stima di producibilità dell'impianto di Mazara del Vallo. Modello aerogeneratore V150-6MW  $h_{mozzo}$  125m. Gross AEP [GWh]: produzione lorda attesa, Net AEP [GWh]: produzione attesa al netto delle perdite per effetto scia**

Modello	Capacità impianto (MW)	Produzione lorda (morsetti generatori)		Produzione netta (cedibile alla rete)	
		(GWh/y)	(h/y)	(GWh/y)	(h/y)
Vestas V150-6.0MW – HH125	48	137.65	2868	123.81	2579

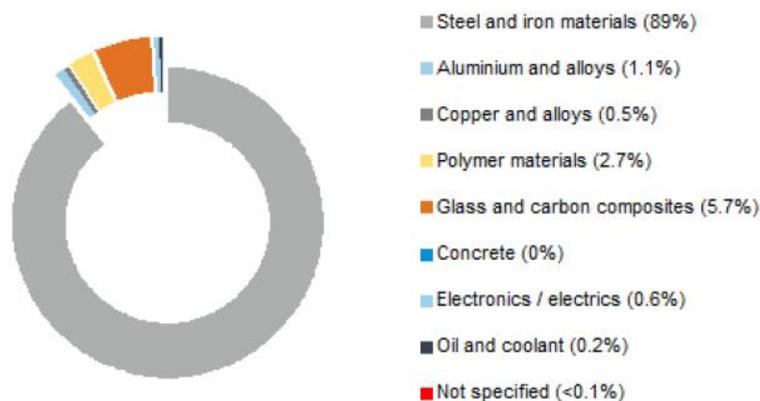
**Tabella 3 – Produzione lorda e netta dell'impianto di Mazara del Vallo. Modello aerogeneratore V150-6MW  $h_{mozzo}$  125m**

	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00
		Data creazione	06/02/2022
		Data ultima modifica	18/02/2022
		Revisione	00
		Pagina	7 di 11

Modello turbina	Classe del vento	Velocità del vento [m/s]	Lunghezza totale cavidotto [km]	Producibilità annua impianto [GWh/y]	Producibilità vita utile impianto [GWh]
V150-6 MW	Low	6,85	13,52	123,81	2469,4

**Tabella 4 – Stima di producibilità impianto di Mazara del Vallo considerando una vita utile dell'impianto pari a 20 anni**

- Non avendo a disposizione dati sul grado di contenuto riciclato dei materiali utilizzati è stato assunto che tutti i materiali necessari derivino da materie prime.
- Per quanto riguarda il trattamento di fine vita dell'aerogeneratore si presume che tutti i componenti metallici di grandi dimensioni principalmente monomateriali (ad esempio la sezione della torre, la struttura in ghisa nella navicella, ecc.) siano riciclati al 98%. Per gli altri componenti principali, come generatore, cavi e parti del sistema di imbardata si è assunto un grado di riciclabilità pari al 95%. Come mostra il grafico di seguito riportato, l'aerogeneratore è costituito al 90% da materiali metallici il che fa sì che buona parte della turbina, una volta conclusa la vita utile dell'impianto, possa essere riciclato (avere una seconda vita). Infatti, la riciclabilità complessiva di un modello di turbina V150 dichiarata da Vestas è circa dell'88,1%.



**Figura 2 - % in massa composizione turbina V150**

Il peso dei principali componenti dell'aerogeneratore è il seguente:

	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00
		Data creazione	06/02/2022
		Data ultima modifica	18/02/2022
		Revisione	00
		Pagina	8 di 11

	Materiale Principale	kg per turbina	tonnellate impianto eolico Mazara del Vallo
Navicella	Lega di alluminio	64938	519,5
Singola pala	Fibra di carbonio e fibra di vetro	17000	408
Mozzo	Ghisa e fibra di vetro rinforzata	34196	273,57
Drive train	Acciaio	61050	488,4
Torre	Acciaio	435000	3480

**Tabella 5 – Componenti principali dell’aerogeneratore: materiali e pesi considerati**

- Nell’analisi del ciclo di vita dell’impianto, nella fase di dismissione il riciclaggio delle parti metalliche costituite da alluminio, ferro, acciaio o rame fornisce emissioni negative ovvero emissioni evitate, in accordo col metodo degli impatti evitati.
- Le quantità complessivamente necessarie per la realizzazione di tutte le fondazioni (plinti + pali) e quindi considerate nell’LCA sono: 13000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo e 1110 tonnellate di acciaio.
- Per la quantificazione dei trasporti, non avendo ancora firmato i contratti con i futuri fornitori e non avendo quindi contezza del tragitto previsto per i diversi materiali, sono stati utilizzati i valori indicati da Vestas, i quali rappresentano una media delle situazioni più frequenti:

	Truck (km)	Ship (km)
Nacelle	800	0
Hub	800	0
Blades	900	1900
Tower	500	4500
Foundation	50	0
Other site parts	600	0

**Tabella 6 – Kilometraggi ipotizzati**

- Per la quantificazione del trasporto del calcestruzzo, trattandosi di un materiale facilmente reperibile, è stato assunto un valore pari a 50km.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 9 di 11
---	------------------------------------	---	--

## 2.4. Valutazione delle emissioni

Di seguito vengono mostrati le emissioni dei principali gas inquinanti e gas ad effetto serra ottenuti dall'analisi del ciclo di vita dell'impianto in questione. Per ogni gas è espressa la quantità in tonnellate emessa in ciascuna delle fasi considerate. L'analisi che si riporta di seguito, sebbene limitata come detto ai principali gas inquinanti e ad effetto serra, fornisce risultati le cui deduzioni possono ritenersi valide anche per le altre emissioni che derivano dal ciclo di vita dell'impianto.

	<i>Turbine</i>	<i>Foundations</i>	<i>Site parts Plan</i>	<i>Set up</i>	<i>Operation</i>	<i>End of life</i>	<i>Total</i>
<b>CO<sub>2</sub> [t]</b>	1,97E+04	4,07E+03	7,10E+02	1,44E+02	8,67E+02	-9,71E+03	1,58E+04
<b>CO [t]</b>	1,08E+02	2,28E+01	1,85E+00	8,60E-01	5,88E+00	-1,29E+02	9,90E+00
<b>NO<sub>x</sub> [t]</b>	5,05E+01	6,98E+00	1,22E+00	1,48E+00	1,22E+00	-1,13E+01	5,03E+01
<b>SO<sub>2</sub> [t]</b>	4,09E+01	5,88E+00	2,26E+00	1,79E-01	9,40E-01	-1,72E+01	3,29E+01

**Tabella 7 – Emissioni in tonnellate prodotte nelle varie fasi del ciclo di vita dell'impianto**

Per completezza e per un possibile confronto con altre fonti rinnovabili o non rinnovabili, si riportano di seguito le emissioni totali espresse anche in mg/kWh:

	Emissioni Impianto eolico (LCA)
CO <sub>2</sub> [mg/kWh]	6390
CO [mg/kWh]	4,01
NO <sub>x</sub> [mg/kWh]	20,4
SO <sub>2</sub> [mg/kWh]	13,3

**Tabella 8 – Emissioni in mg/kWh**

Da tale analisi emerge che il maggior impatto ambientale è legato alla costruzione degli aerogeneratori, le cui emissioni risultano essere sempre almeno un ordine di grandezza maggiore rispetto alle altre fasi considerate.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 10 di 11
---	------------------------------------	---	---

Le emissioni dovute all'impianto saranno compensate dalle mancate emissioni che si avranno durante la vita utile dell'impianto, grazie all'energia prodotta dallo stesso e non da idrocarburi.

Le emissioni evitate dei gas aventi maggior impatto ambientale, nei 20 anni di vita utile dell'impianto, come indicato nel quadro ambientale del SIA depositato agli atti (rif. Paragrafo 3.3 dell'elaborato 1443-PD\_A\_SIA03\_REL\_r00), sono:

- 1274210 t circa di anidride carbonica;
- 6147 t circa di anidride solforosa;
- 2222 t circa di ossidi di azoto.

Un confronto immediato tra le emissioni dovute al ciclo di vita del parco eolico (LCA) e le emissioni evitate per effetto della produzione di energia da fonte rinnovabile, è dato dalla seguente tabella:

	Emissioni impianto eolico (LCA)	Emissioni evitate
CO <sub>2</sub> [t]	15800	1274210
NO <sub>x</sub> [t]	50,3	2222
SO <sub>2</sub> [t]	32,9	6147

Le emissioni legate al ciclo di vita dell'impianto eolico, risultano tutte ampiamente compensate da quelle evitate dalla produzione di energia dallo stesso impianto. Anzi, nei 20 anni di vita utile considerati, al netto delle emissioni dovute alla realizzazione dell'impianto, grazie all'esistenza dello stesso, nell'ambiente non saranno emesse:

- 1258410 t circa di anidride carbonica;
- 2171,7 t di ossidi di azoto;
- 6114,1 t di anidride solforosa.

Facendo un raffronto con i valori delle emissioni legate alla vita utile dell'impianto, è possibile dedurre che, grazie all'impianto eolico in questione, nei 20 anni considerati si eviterebbero 79,7 volte la quantità di CO<sub>2</sub> emessa durante la vita utile dell'impianto, 43,1 volte la quantità di ossidi di azoto emessi durante la vita utile dell'impianto e 185,9 volte la quantità di anidride solforosa emessa durante la vita utile dell'impianto.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>ANALISI CICLO VITA IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	1443-PD_A_Int.MITE.03.1_REL_r00 06/02/2022 18/02/2022 00 11 di 11
---	------------------------------------	---	---

Tuttavia, a fronte delle **emissioni dovute all'impianto eolico in oggetto, valutate in ottica di ciclo di vita, di cui è stata fornita una stima ai paragrafi precedenti, la Società proponente prevede di adottare le misure di compensazione descritte nella relazione Int.MITE.03.2 allegata.**