

REGIONE LAZIO
PROVINCIA DI VITERBO

Comuni:

Tuscania e Arlena di Castro

Località "Mandria Casaletto - San Giuliano - Cioccatello - Campo Villano "

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA

Sezione:

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE E ALLEGATI

Titolo elaborato:

ANALISI CICLO VITA IMPIANTO

N. Elaborato: int1.MITE.02

Scala: -

Committente



WPD San Giuliano S.r.l.
Viale Aventino, 102
00153 Roma(RM)
c.f. e P.IVA 15443461007

Amministratore Delegato
Mauro FERRARI

Progettazione



sede legale e operativa

San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61

sede operativa

Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista

Dott. Ing. Nicola FORTE



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	Marzo 2022	GV sigla	NF sigla	NF sigla	Integrazioni
Nome File sorgente		GE.TSC01.PD.int1.MITE.02.doc	Nome file stampa	GE.TSC01.PD.int1.MITE.02.pdf	Formato di stampa A4

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 1 di 24
---	------------------------------------	---	---

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA) DELL'IMPIANTO	4
2.1.	Premessa	4
2.2.	Fasi del ciclo di vita dell'impianto.....	5
2.3.	Assunzioni dell'analisi condotta	7
2.4.	Valutazione delle emissioni.....	10
3.	FASE FINE VITA UTILE IMPIANTO.....	13
3.1.	Dismissione dell'impianto eolico e sostenibilità dell'intervento.....	13
3.2.	Lavorazioni previste per la dismissione dell'impianto eolico	14
3.3.	Materiali e componenti derivanti dalle operazioni di dismissione	15
3.4.	Gestione dei materiali derivanti dalle operazioni di dismissione	15
3.4.1.	Aerogeneratori	16
3.4.2.	Modulo di trasformazione	22
3.4.3.	Opere di fondazione	22
3.4.4.	Massicciata da strade e piazzole.....	23
3.4.5.	Collegamenti MT.....	23
3.5.	Considerazioni sulla sostenibilità dell'intervento.....	23

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 2 di 24
---	------------------------------------	---	---

1. PREMESSA

La società "WPD San Giuliano S.r.l." nel maggio 2020 ha avviato la Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.n.152 /2006 relativa al progetto di un impianto per la produzione di energia da fonte eolica denominato "Parco eolico Toscana" costituito da 16 aerogeneratori, sito nel Comune di Tuscania (VT) e con opere di connessione nei comuni di Tuscania (VT) e Arlena di Castro (VT).

Nel corso del procedimento, a seguito degli approfondimenti richiesti dal Ministero per i beni e le Attività culturali ai sensi dell'art. 24 del D.Lgs. 152/2006 pervenuti alla WPD San Giuliano S.r.l. con la comunicazione del MiTE prot. 83896 del 30-07-2021, è emerso che gli aerogeneratori A15 e A16 e parte delle opere connesse ricadono in aree interessate dalla presenza di usi civici. Si sottolinea che in fase di elaborazione del progetto gli usi civici non erano riscontrabili né dal PTPR della Regione Lazio, né dai Certificati di Destinazione Urbanistica rilasciati dal Comune di Tuscania.

Al fine di evitare l'interessamento di qualsiasi ambito soggetto a tutele paesaggistiche, **la WPD San Giuliano S.r.l. ha deciso di eliminare dal progetto i suddetti aerogeneratori e le relative opere accessorie interferenti con i terreni gravati da usi civici, rimodulando di conseguenza, seppur di poco, anche il tracciato del cavidotto**, rimarcando che il Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) della Regione Lazio non riporta alcun bene paesaggistico ai sensi dell'art. 142, comma 1 del D.Lgs. 42/2004 sulle aree occupate dalle opere.

La WPD San Giuliano S.r.l., a fronte della riduzione del numero degli aerogeneratori, intende utilizzare lo stesso modello di aerogeneratore presentato in progetto, Siemens-Gamesa SG170 con altezza al mozzo pari a 165 metri e diametro del rotore pari a 170 metri, mantenendo invariata la potenza complessiva dell'impianto presentato, pari a 90 MW. A tal proposito, è stata operato un diverso settaggio delle potenze nominali degli aerogeneratori, differenziate come segue:

- Potenza pari a 6.5 MW per gli aerogeneratori identificati con le sigle A1, A 2, A3 e A4;
- Potenza pari a 6.4 MW per gli aerogeneratori identificati con le sigle A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13 e A14.

La produzione media annua di energia elettrica prodotta dall'attuale configurazione dell'impianto è pari a 302.888,6 MWh/y, che equivale a circa 3.365 ore equivalenti.

A seguito delle modifiche introdotte, tutte di carattere non sostanziale e in diminuzione degli impatti ambientali attesi, la WPD San Giuliano S.r.l. ha ritenuto opportuno presentare ulteriori documenti di approfondimento all'interno dell'iter di Valutazione di Impatto Ambientale dell'opera; in particolare, sono stati redatti:

- Aggiornamento della Relazione Geologica a seguito dell'esecuzione di indagini effettuate in sito (documento GE.TSC01.PD.0.2.R01);
- Aggiornamento Relazione di stima anemologica (documento GE.TSC01.PD.AN.SIA.01.R01);

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 3 di 24
---	------------------------------------	---	---

- Piano di Monitoraggio Ambientale e Cronoprogramma (documento GE.TSC01.PD_INT1.MITE.01);
- Redazione relazione di impatto acustico in fase di cantiere (documento GE.TSC01.PD_INT1.MITE.03);
- Redazione dello studio di impatto delle vibrazioni (documento GE.TSC01.PD_INT1.MITE.04);
- Analisi ciclo vita impianto (documento GE.TSC01.PD_INT1.MITE.02).

La presente relazione di Life Cycle Assessment (LCA), nello specifico, 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 e per la definizione delle misure di compensazione, si è adottato un approccio secondo il criterio proprio dell'LCA 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'impianto.

Per quanto attiene le valutazioni in ottica di fine vita dei vari componenti dell'aerogeneratore, verranno date indicazioni relative alla fase di dimissione dell'impianto (in parte già descritte nella relazione di Dimissione GE.TSC01.PD.9.2 allegata al progetto rimesso agli atti) dando anche delle indicazioni relative al riuso e riciclo delle componenti dell'aerogeneratore e ponendo particolare attenzione su quelle componenti più difficilmente riciclabili/riutilizzabili sulla base delle loro caratteristiche costruttive e dei materiali.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 4 di 24
---	------------------------------------	---	---

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

2.1. Premessa

Di seguito vengono presentati i dati delle emissioni dovute alle fasi di produzione dei materiali ed alla messa in opera dell'impianto, valutate in ottica ciclo di vita, considerando anche le fasi di manutenzione e dismissione dell'impianto 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 degli aerogeneratori, Siemens-Gamesa. In particolare, sono stati analizzati il documento *"Electricity from a European onshore wind farm using SG 4.5-145 wind turbines"* e le tabelle dei potenziali impatti del documento preliminare *"EPD assessment"* della turbina SG 6.6 -170, ovvero di modelli di aerogeneratori del tutto confrontabili con l'aerogeneratore di progetto.

Nei documenti analizzati redatti da Siemens-Gamesa, viene valutato il potenziale impatto ambientale dovuto alla produzione di elettricità di un impianto eolico on-shore situato in uno scenario "medio europeo".

Le tabelle del documento preliminare *"EPD assessment"* riportano i dati dei potenziali impatti ambientali generati da un parco eolico situato in uno scenario medio europeo costituito da aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.6 -170.

Considerando che lo scenario medio europeo in cui è ubicato l'impianto eolico di cui è stata valutata l'analisi LCA nello studio Siemens-Gamesa ha condizioni anemologiche molto simili a quelle di Toscana ed essendo i dati dell'analisi LCA riferiti allo stesso modello di aerogeneratore previsto in progetto, salvo la diversa potenza, con caratteristiche geometriche e costruttive identiche, si è ritenuto ragionevole utilizzare i dati da essi forniti come una buona base di partenza per poter valutare le emissioni dell'impianto di progetto.

L'applicazione della metodologia LCA è stata eseguita in accordo alle norme della serie ISO standards for LCA (ISO 14040: 2006, ISO 14044: 2006) e al documento *"Product Category Rules for CPC 171"*.

Nella tabella 1 seguente si riportano le principali caratteristiche dell'impianto di Toscana oggetto dell'analisi.

L'unità funzionale di riferimento per eseguire l'analisi LCA è 1 kWh di energia elettrica consegnata alla rete elettrica nazionale e prodotta dall'impianto eolico "Toscania" avente potenza complessiva pari a 90 MW. Il tempo di vita utile dell'impianto è stato assunto pari a 20 anni.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 5 di 24
---	------------------------------------	---	---

Tempo di vita [anni]	20
Potenza nominale turbina [MW]	<ul style="list-style-type: none"> • 6.5 MW per gli aerogeneratori A1, A 2, A3 e A4 • 6.4 MW per gli aerogeneratori A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13 e A14.
Numero aerogeneratori	14
Potenza nominale impianto [MW]	90
Altezza mozzo torre [m]	165
Diametro [m]	170
Velocità media del vento al mozzo [m/s]	7,1
Lunghezza cavidotto MT [km]	32,5 km
Lunghezza cavidotto AT [km]	8,8 km
Producibilità netta stimata [MWh/y]	302888,6 MWh/y

Tabella 1 – Caratteristiche impianto di progetto

2.2. Fasi del ciclo di vita dell'impianto

Il ciclo di vita dell'impianto eolico è stato suddiviso in 3 moduli principali che saranno di seguito brevemente descritti (figura 1):

- *Updream Module;*
- *Core Module;*
- *Downstream Module.*

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 6 di 24
---	------------------------------------	---	---

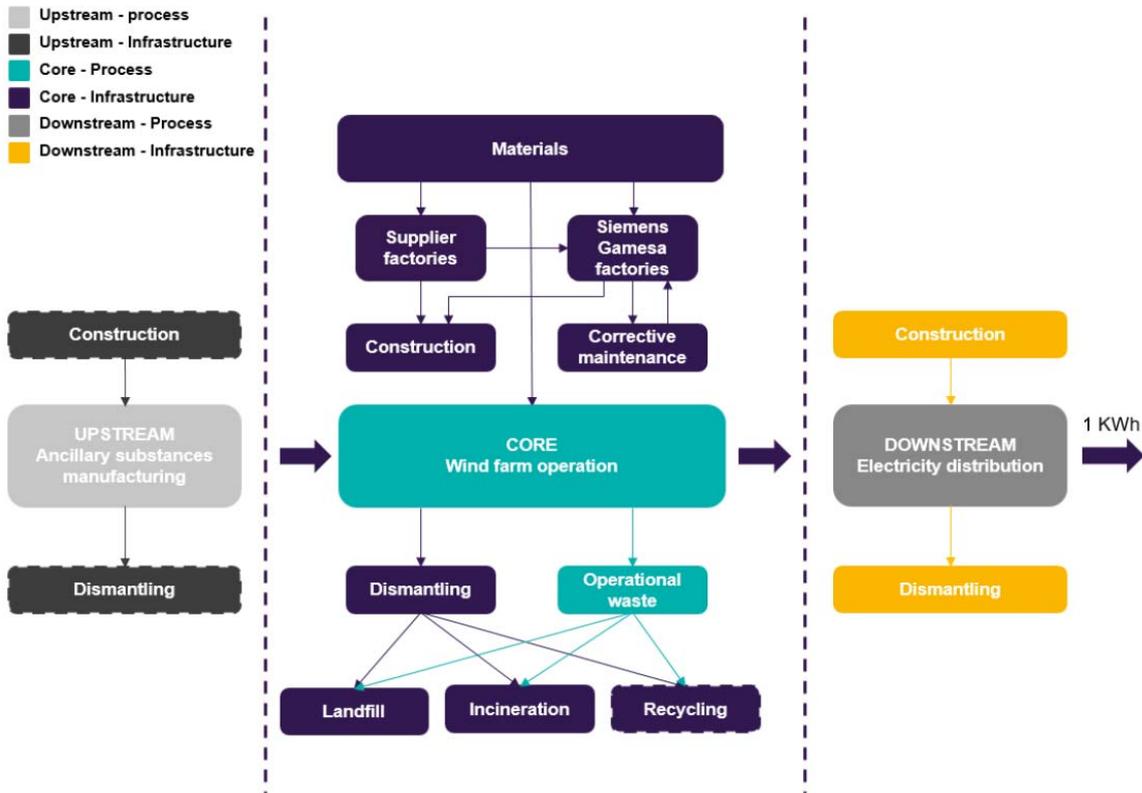


Figura 1 – Moduli del ciclo di vita di un impianto eolico

Upstream Module – a monte

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 modulo *Upstream* comprende gli impatti ambientali legati alla produzione di tutte le sostanze ausiliarie necessarie per il corretto funzionamento del parco eolico durante i 20 anni di vita utile. Questo modulo include principalmente le quantità richieste di olio idraulico, oli lubrificanti e grassi, nonché le emissioni derivanti dal trasporto di queste sostanze dai fornitori al parco eolico.

Core Module – modulo centrale

- **Core – Infrastructure**

Il modulo centrale relativo alle infrastrutture comprende tutte le fasi relative alla costruzione e allo smantellamento del parco eolico. Comprende tutte le fasi dall'estrazione delle materie prime necessarie alla realizzazione dei WTG e del parco eolico, fino allo smantellamento del parco eolico, compresa la corretta gestione dei rifiuti generati e dei componenti riciclabili nonché il relativo trattamento di fine vita.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 7 di 24
---	------------------------------------	---	---

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 Siemens-Gamesa ha un tasso di riciclaggio elevato, il che contribuisce a limitare gli impatti dovuti all'impianto.

Questo modulo si riferisce anche ai processi di fabbricazione del WTG eseguiti da Siemens Gamesa e dai suoi fornitori. Inoltre, sono incluse le azioni di manutenzione correttiva previste per il macchinario durante la sua vita di servizio (sostituzioni e riparazioni stimate dei componenti).

- Core – Process

Questo modulo considera tutti gli impatti ambientali associati al funzionamento del parco eolico nei suoi 20 anni di vita. Uno dei principali vantaggi dell'energia eolica rispetto ad altre fonti di energia non rinnovabili è la sua indipendenza dai combustibili fossili. Questo vantaggio ambientale si riflette in questa fase.

Questo modulo comprende la manutenzione preventiva richiesta durante la vita del parco eolico, compresi i viaggi del personale di manutenzione al parco eolico; corretta gestione dei rifiuti dei materiali di consumo necessari durante il funzionamento e la manutenzione del parco eolico, inclusa la fase di trasporto all'ente autorizzato per il successivo trattamento.

Downstream Module – a valle

La fase Downstream, infine, comprende tutti gli impatti che avvengono dal momento in cui l'energia viene immessa nella rete elettrica (lasciando così il parco eolico), fino al momento in cui arriva al consumatore finale. Il modulo Downstream rappresenta principalmente due diversi impatti ambientali. Il primo è l'impatto relativo alla realizzazione e alla disattivazione della rete elettrica, considerato all'interno del sottomodulo "*Downstream Infrastructure*". Il secondo impatto è relativo alle perdite elettriche inerenti alle trasformazioni di tensione e all'effetto Joule nel trasporto dell'elettricità generata, che sono considerate nel sottomodulo o "*Downstream Process*".

2.3. Assunzioni dell'analisi condotta

L'analisi LCA condotta ha alla base le seguenti assunzioni:

- La vita utile degli aerogeneratori e quindi dell'intero impianto è assunta 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, Siemens-Gamesa, un fornitore leader di soluzioni per l'energia eolica a clienti in tutto il mondo, considera il programma di estensione della vita dei suoi aerogeneratori che può aumentare significativamente il periodo di tempo di 20 anni di vita utile stimati. Tale

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02
		Data creazione	06/02/2022
		Data ultima modifica	18/02/2022
		Revisione	00
		Pagina	8 di 24

considerazione fa sì che i risultati che si otterranno dall'LCA in termini di g 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 (rif. elab.AN.SIA01.R01). La velocità media del vento al mozzo è pari a 7,1 m/s il che corrisponde ad un vento di classe medio-bassa. Il dato di producibilità stimato tiene conto degli effetti di scia dovuti alle caratteristiche di ventosità del sito e alla posizione reciproca degli aerogeneratori.

La produzione attesa al netto delle perdite è pari a **302888,6 MWh/y** che equivale a circa **3.365 ore equivalenti**. I dati di producibilità ottenuti sono riportati nella tabella a seguire:

Produzione annuale stimata del parco eolico						
Combinazione di WTG	Risultato PARK	Lordo (senza perdite)	Perdite di scia	Fattore di capacità	Media per WTG	Ore equivalenti
	[MWh/anno]	[MWh/anno]	[%]	[%]	[MWh/anno]	[Ore/anno]
Parco eolico	302'888.6	312'850.0	3.2	38.4	21'634.9	3'365
<small>*) Basati su perdite in scia e decurtazioni.</small>						
Produzione annuale stimata del parco eolico:						
Risultato Park	Lordo (senza perdite)	Wake loss	Fattore di Capacità	Media per WTG	Ore equivalenti	Velocità media al mozzo
[MWh/anno]	[MWh/anno]	(%)	(%)	[MWh/anno]	[Ore/anno]	[m/s]
302.888,6	312.850,0	3,2	38,4	21.634,9	3.365	7,1
Risultati della simulazione di WINDpro Produzione del parco Eolico di Tuscania						

Tabella 2 – Tabella riassuntiva della stima di producibilità dell'impianto di Tuscania

- Per quanto riguarda la produzione degli aerogeneratori, la Siemens Gamesa è responsabile della produzione e dell'assemblaggio della maggior parte dei componenti principali della turbina eolica. L'azienda, in qualità di produttore dei WTG, fornisce i dati primari sulle materie prime, sui flussi di energia e sui flussi di rifiuti generati durante la fase di produzione e assemblaggio delle turbine eoliche, secondo i loro reali processi di produzione. Nell'LCA sono stati considerati tutti i processi di produzione e trasporto considerando come sito di realizzazione dell'impianto un sito medio europeo. Nella tabella seguente sono riportati i paesi di produzione delle varie componenti.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 9 di 24
---	------------------------------------	---	---

Activity	Location	Owner
Blades manufacturing	Nellore – INDIA	SIEMENS GAMESA
Assembly of converter and electrical cabinets	Benissanó - SPAIN	SIEMENS GAMESA
Nacelle & rotor assembly	Ágreda – SPAIN	SIEMENS GAMESA
Generator manufacturing	Reinosa – SPAIN	SIEMENS GAMESA
Gearbox manufacturing	Asteasu – SPAIN	SIEMENS GAMESA
Gearbox assembly	Lerma – SPAIN	SIEMENS GAMESA
Hub manufacturing	Agurain – SPAIN	WEC
Tower manufacturing	Avilés – SPAIN	WINDAR

Tabella 3 - siti di produzione delle componenti delle turbine considerati nell’LCA (nel modulo Core – Infrastructure)

- Per quanto riguarda il trattamento di fine vita del parco eolico, in base alle esperienze di Siemens Gamesa, per l'analisi LCA sono state assunte le ipotesi riportate nella tabella seguente

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

Figura 2 – ipotesi di fine vita

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02
		Data creazione	06/02/2022
		Data ultima modifica	18/02/2022
		Revisione	00
		Pagina	10 di 24

Si osserva come la maggior parte delle componenti dell'impianto abbia un elevato grado di riciclabilità. Dai dati riportati nella tabella è evidente come buona parte delle componenti dell'impianto, una volta conclusa la vita utile, possa essere riciclato (avere una seconda vita).

- 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 diretti) e quindi considerate nell'LCA sono: 12.754,1 m³ di calcestruzzo e 1.021,8 tonnellate di acciaio.

2.4. Valutazione delle emissioni

Di seguito vengono mostrate 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.

Potential Environmental Impacts	UNIT	Upstream	Core Process	Core Infrastructure	Total Generated	Downstream Process	Downstream Infrastructure	Total Distributed
Global Warming potential (100y)	Fossil	1,34E+02	4,59E+02	4,02E+04	4,08E+04	8,97E+02	1,53E+03	4,32E+04
	Biogenic	1,05E-01	1,58E-01	4,10E+02	4,10E+02	9,03E+00	2,49E+00	4,22E+02
	Land use and transformation	1,54E+00	1,12E-01	3,46E+01	3,62E+01	8,00E-01	4,39E+00	4,14E+01
	TOTAL	1,35E+02	4,60E+02	4,06E+04	4,12E+04	9,09E+02	1,54E+03	4,36E+04
Formationm potential tropospheric ozone	NM VOC eq	1,08E+00	1,07E+00	2,36E+02	2,38E+02	5,23E+00	6,42E+00	2,49E+02
	C ₂ H ₄ eq	4,13E-02	5,17E-02	1,61E+01	1,62E+01	3,57E-01	8,12E-01	1,74E+01
Acidification potential	SO ₂ eq	6,24E-01	1,05E+00	2,63E+02	2,65E+02	5,82E+00	1,08E+01	2,81E+02
Eutrophication potential	PO ₄ ³⁻ eq	1,41E-01	3,89E-01	2,15E+02	2,16E+02	4,74E+00	4,83E+00	2,25E+02
Abiotic depletion potential - elements	Sb eq	4,20E-04	3,36E-03	3,72E+00	3,72E+00	8,18E-02	3,02E-02	3,84E+00

Tabella 4 – 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 espresse in mg/kWh:

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 11 di 24
---	------------------------------------	---	--

Potential Enviromental Impacts		UNIT	Total
Global Warming potential (100y)	Fossil	CO₂ eq	7128,90
	Biogenic		69,64
	Land use and transormation		6,84
	TOTAL		7203,20
Formationm potential tropospheric ozone		NMVOC eq	41,18
		C₂H₄ eq	2,87
Acidification potential		SO₂ eq	46,42
Eutrophication potential		PO₄³⁻ eq	37,17
Abiotic depletion potential -		Sb eq	0,63

Tabella 5 – Emissioni in mg/kWh

Da tale analisi emerge che ci sono due fasi che dominano gli impatti ambientali del ciclo vita dell'impianto: la fase di costruzione del parco eolico e la fase di produzione degli aerogeneratori. Poiché una turbina eolica non consuma combustibili fossili durante il suo funzionamento, a differenza delle altre fonti di energia convenzionali, appare chiaro che il principale aspetto ambientale di questa tecnologia è legato alla produzione della sua infrastruttura (materie prime necessarie alla realizzazione di tutte le parti in acciaio del WTG e alle successive fasi di lavorazione). I componenti più critici in questa fase sono la torre e le pale.

Per quanto riguarda la costruzione di parchi eolici, gli aspetti ambientali più rilevanti sono i materiali necessari alla realizzazione delle fondazioni (principalmente in cemento e acciaio), seguita dall'adeguamento del terreno necessario per la costruzione del parco eolico.

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 sono:

- 4.252.556 t circa di anidride carbonica;
- 15.144 t circa di anidride solforosa.

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:

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 12 di 24
---	------------------------------------	---	--

	Emissioni impianto eolico (LCA)	Emissioni evitate
CO2 [t]	43.600	4.252.556
SO2 [t]	281	15.144

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:

- 4.208.956 t circa di anidride carbonica;
- 14.863 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 96 volte la quantità di CO₂ emessa durante la vita utile dell'impianto, 52 volte la quantità di anidride solforosa emessa durante la vita utile dell'impianto.

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 13 di 24
---	------------------------------------	---	--

3. FASE FINE VITA UTILE IMPIANTO

3.1. Dismissione dell'impianto eolico e sostenibilità dell'intervento

La vita utile dell'impianto eolico è convenzionalmente pari a circa 20-25 anni, al termine dei quali, nel caso non ricorrano le condizioni per un revamping, ovvero la possibilità di aggiornamento tecnologico dell'impianto stesso, si provvederà alla sua dismissione e al ripristino dei luoghi all'uso originario. Con l'evolversi della tecnologia e con decenni di esperienza maturata, l'industria eolica già oggi prevede un ciclo vita dell'impianto sino a 40 anni. Ciò significa, quindi, che potenzialmente un impianto eolico sarà smantellato non tanto per il raggiungimento della fine del ciclo vita dell'aerogeneratore, ma per migliorare l'efficienza energetica ed economica del sito stesso. In sostanza, in prima istanza, gli aerogeneratori non saranno destinati allo smantellamento per riciclo, ma al loro ripristino e riutilizzo in altri siti, per il tramite di un ampio mercato secondario, sviluppato sia in Europa che nel resto del mondo, negli ultimi anni.

Già oggi è possibile acquistare sul mercato secondario aerogeneratori di seconda mano, con età di funzionamento compresi tra i 10 ed i 20 anni, ricondizionati e modificati a seconda delle esigenze dei clienti. In tale mercato secondario è inoltre possibile reperire anche singoli componenti, quali trasformatori, gearbox, cablaggi, quadri, ecc.

Tale importante orientamento del mercato offre un notevole miglioramento in relazione alle tematiche legate alla sostenibilità, rendendo il ciclo vita due, se non tre volte maggiore rispetto alle previsioni dei primi anni di attività dell'industria eolica.

Ad ogni modo, anche con un ciclo di vita aumentato, l'aerogeneratore sarà prima o poi destinato ad essere completamente smantellato e destinato agli impianti di riciclo.

Innanzitutto, una delle caratteristiche che qualifica la produzione di energia da fonte eolica come sostenibile è proprio la quasi totale reversibilità degli interventi di modifica del territorio e la possibilità di poter limitare al minimo la produzione di rifiuti alla fine utile dell'impianto eolico. A differenza di molti altri impianti convenzionali, ma anche rinnovabili (si pensi ad una diga o ad una centrale geotermica), lo smantellamento di un impianto eolico risulta più veloce, economico ed efficiente, lasciando le aree interessate dall'impianto completamente prive di ogni traccia dello stesso (ad esclusione delle linee elettriche che sono però tipicamente interrato e destinate al riutilizzo per lo sviluppo di reti locali).

Al fine di rendere l'intervento proposto sostenibile sotto il profilo ambientale, l'impianto eolico di progetto verrà realizzato prevedendo l'impiego di componenti e materiali le cui caratteristiche ne garantiranno il massimo riutilizzo/riciclo al termine della vita utile. Si ricorda che per la costruzione dell'impianto di progetto tutte le componenti e i materiali giungeranno in cantiere nelle quantità strettamente necessarie alla realizzazione del parco eolico evitando quindi residui sulle aree

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 14 di 24
---	------------------------------------	---	--

d'impianto che potrebbero appesantire la fase di dismissione. Inoltre, gli interventi di dismissione previsti riguarderanno le opere strettamente necessarie al miglior ripristino dello stato ante operam mantenendo gli interventi che potranno essere funzionali ad altre esigenze. Riducendo gli interventi di dismissione, si ridurranno gli impatti e la produzione di rifiuti correlati alla fase di fine vita utile.

Le operazioni previste per lo smantellamento dell'impianto eolico e per la riqualificazione del sito sono in sintesi:

- lo smontaggio degli aerogeneratori e delle apparecchiature tecnologiche;
- la dismissione della parte più superficiale delle fondazioni;
- la dismissione delle strade di servizio e delle piazzole degli aerogeneratori;
- la rimozione dei cavi MT previsti lungo la viabilità di servizio o in attraversamento dei campi eolici;
- il riciclo e lo smaltimento dei materiali e il ripristino dello stato dei luoghi attraverso la rimozione delle opere e il rimodellamento del terreno allo stato originario.

Non è prevista la dismissione della sottostazione di trasformazione e del cavidotto AT, in quanto resteranno come opere a servizio di altri produttori.

Inoltre, non verranno rimossi i tratti di cavidotto MT posati lungo la viabilità esistente. Quest'ultimi, infatti, essendo interrati su strada non determinano impatti sul paesaggio né occupazioni di suolo. Inoltre, tale scelta eviterebbe la demolizione della sede stradale per la rimozione dei cavi e, di conseguenza, eviterebbe disagi alla circolazione locale durante la fase di dismissione. È del tutto verosimile pensare che i cavi già posati possano in futuro essere utilizzati da altri impianti per la produzione di energia, dallo stesso gestore della rete oppure per favorire l'elettrificazione rurale e di impianti di irrigazione, dismettendo eventualmente i cavi attualmente aerei.

3.2. Lavorazioni previste per la dismissione dell'impianto eolico

La rimozione delle turbine avverrà secondo precise modalità: attraverso un'autogrù, rimuovendo tutti gli olii utilizzati nei circuiti idraulici degli aerogeneratori, scollegando cablaggi elettrici, smontando e posizionando a terra il rotore e le pale e, qualora non si preveda il reimpiego delle componenti, tagliandole a dimensioni trasportabili con mezzi idonei.

È prevista la demolizione integrale del colletto del plinto e dei plinti fino ad 1 metro di profondità dal ciglio colletto e il riporto di terreno vegetale. Con tale metodologia di demolizione, l'area torna ad essere interamente coltivabile. Il materiale di risulta proveniente dalla demolizione dell'opera di fondazione verrà conferito presso discarica o centro di recupero di inerti.

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 15 di 24
---	------------------------------------	---	--

In alternativa, è possibile prevedere il riutilizzo dello stesso plinto per l'installazione di nuovi aerogeneratori utilizzando i medesimi anchor cage e sistemi di imbullonaggio.

La dismissione di strade e piazzole di servizio avverrà attraverso: la rimozione della massicciata stradale tramite l'ausilio di escavatori; l'eventuale traposto a discarica o a centro di recupero inerti della massicciata rimossa non utilizzata per il ricarica delle strade bianche esistenti all'interno dell'area d'impianto; la dismissione dei rilevati e il riempimento degli scavi ai fini dei ripristini morfologico, lo spandimento di terreno vegetale che sarà opportunamente livellato in modo da ridare un'orografia naturale all'area oggetto d'intervento.

La rimozione dei cavidotti MT prevede le seguenti operazioni: scavo a sezione ristretta lungo la trincea dove sono stati posati i cavi; rimozione, in sequenza, di nastro segnalatore, tubo corrugato, elemento protettivo, conduttori, dello strato di sabbia, misto cementato, massicciata e asfalto ove presente; riempimento degli scavi con materiale di risulta prevedendo costipatura superficiale con terreno vegetale ove i cavi da rimuovere saranno su terreni agricoli.

3.3. Materiali e componenti derivanti dalle operazioni di dismissione

A seguito delle operazioni di dismissione si produrranno fondamentalmente i seguenti materiali/componenti:

- Componenti degli aerogeneratori;
- Inerti e acciaio dalla demolizione della parte superiore dei plinti di fondazione;
- Massicciata stradale;
- Sfridi di cavidotto.

I terreni provenienti dagli scavi, salvo il riscontro di eventuali contaminazioni, verranno utilizzati tutti in sito per i riempimenti degli scavi e i ripristini morfologici delle aree oggetto di dismissione.

Dalla dismissione dell'impianto di produrranno miscugli di minuterie e sfridi la cui entità sarà irrisoria e che verranno conferiti a discarica.

3.4. Gestione dei materiali derivanti dalle operazioni di dismissione

ANEV – Associazione Nazionale Energia del Vento – ritiene, sulla base della esperienza finora conseguita dagli operatori, che solo una piccola parte dell'impianto non sia riutilizzabile, come si evince dalla tabella seguente:

	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 16 di 24
---	------------------------------------	---	--

Materiale	Percentuale	Scenario
pale d'acciaio	90%	Riutilizzabile
acciaio privo di ruggine	90%	Riutilizzabile
ghisa	90%	Riutilizzabile
rame	95%	Riutilizzabile
plastica-PVC	100%	Discarica
alluminio	90%	riutilizzabile
fibre vetro	100%	Discarica
olio	100%	incenerito
piombo	90%	riutilizzabile
zinco	90%	riutilizzabile

Figura 3 – Rielaborazione dati ANEV - Report 2017

3.4.1. Aerogeneratori

Per la dismissione dell'aerogeneratore si dovranno scollegare i cavi dalle apparecchiature elettriche e solo dopo si movimenteranno le parti in elevazione (pale, mozzo, navicella, torre).

Pale

Ogni aerogeneratore dispone di tre pale di dimensioni prestabilite e caratteristiche strutturali particolari, adatte alla potenza dell'aerogeneratore installato. Le pale sono realizzate in fibra di vetro e fibra di carbonio come componenti principali, a cui si aggiungono altri componenti della famiglia delle resine. Le pale si compongono di due parti: una interna (l'anima della pala) e una esterna che rappresenta la parte visibile della pala. Entrambe sono realizzate principalmente in fibra di vetro e carbonio. Tali materiali garantiscono leggerezza ed elevata resistenza, ma allo stesso tempo rendono difficile il processo di separazione e recupero degli stessi nel fine vita.

In generale, tali componenti vengono, infatti, avviati a discarica autorizzata per rifiuti (data la non pericolosità degli stessi). Le pale, in virtù dei materiali di cui sono costituite, influiscono quindi negativamente sul tasso di riciclabilità complessivo dell'aerogeneratore. Per aumentare tale valore bisogna inevitabilmente agire sulla scelta dei materiali che costituiscono le pale ed i relativi possibili processi di riciclaggio. Proprio per questo, i processi di selezione dei materiali che costituiscono le pale sono in rapida evoluzione e la scelta non è più basata unicamente sulla relativa performance ma anche sulla sostenibilità complessiva del materiale (valutazione del ciclo di vita del materiale).

Ad oggi, come riportato nel documento *“Verso una gestione sostenibile e circolare per il fine vita delle pale eoliche”*, è possibile comunque valutare per le pale delle alternative alla discarica. Se ne riportano di seguito alcuni esempi:

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 17 di 24
---	------------------------------------	---	--

- Riciclo meccanico: una serie di processi portano ad ottenere un materiale macinato che può essere poi utilizzato per produrre plastica, pannelli per isolamento termico o acustico, per la realizzazione di mobili ecc..;
- recupero energetico: le pale eoliche vengono utilizzate come combustibile dopo aver rimosso tutti i componenti che possono essere riutilizzati;
- coprocessing per la produzione di cemento cliker: questo processo richiede un trattamento fisico a monte che permetta la sua introduzione in forma controllata nei forni di produzione del Clinker;
- Pirolisi e solvolisi: questi processi permettono il riciclaggio del materiale per la fabbricazione di altri componenti attraverso la separazione dei differenti componenti. Infatti, a valle di tali processi, si ottiene di nuovo la fibra di vetro, da una parte, e la resina, dall'altra;
- Letto fluido: processo termico che consente anch'esso di separare le fibre dalla matrice ottenendo però un basso livello di qualità delle prime.

Come riportato nel documento *“Accelerating Wind Turbine Blade Circularity”*, nella gerarchia per una gestione sostenibile delle pale, ancor prima dei processi di riciclaggio e recupero, è possibile pensare anche all'eventuale riutilizzo di parte delle stesse per applicazioni diverse da quella originale, quali: pensiline per biciclette, camminamenti su piccoli corsi d'acqua e altre applicazioni come arredo urbano. Tuttavia, considerando il numero di aerogeneratori che si prevede di dismettere nei prossimi anni, tale alternativa difficilmente sarà una soluzione alla gestione delle pale una volta giunti al fine vita.

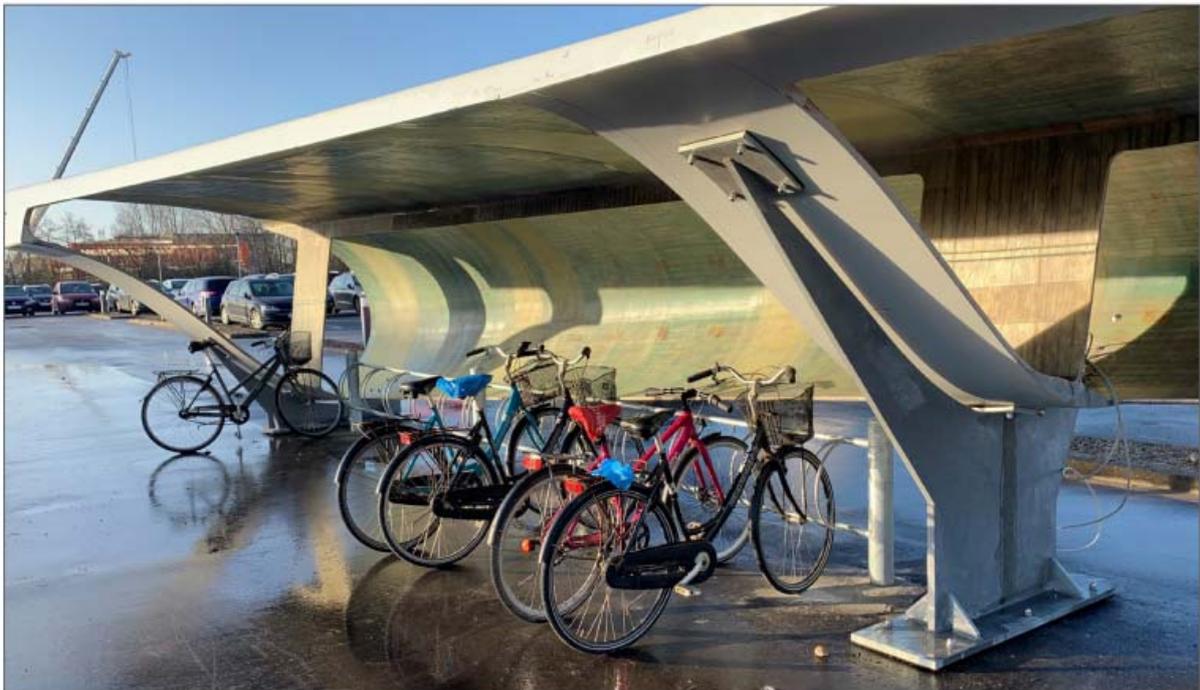


Figura 4 – Esempio di riutilizzo della pala come pensilina per biciclette ad Alborg, Danimarca (fonte: Accelerating wind turbine blade circularity)

Navicella

La navicella costituisce il nucleo centrale dell'aerogeneratore. È la parte più complessa della macchina, dato l'elevato numero di componenti, unità e sistemi installati.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 19 di 24
---	------------------------------------	---	--

I principali componenti della navicella sono:

- Mozzo;
- Generatore;
- Asse;
- Moltiplicatore;
- Gruppo idraulico;
- Quadro elettrico e di controllo;
- Minuteria;
- Oli e grassi (idraulici e meccanici).
- Telaio della navicella;
- Carcassa della navicella;

La maggior parte dei componenti della navicella sono fabbricati in diversi tipi di acciaio e leghe. Inoltre, ci sono i componenti e il materiale elettrico, composto per circuiti, placche di controllo, materiali metallici e non metallici di diversa purezza ma in minore proporzione rispetto al totale. Il numero dei componenti della navicella è elevato, pertanto si analizzeranno soltanto i componenti di maggiore importanza e dimensione.

Il mozzo

Il mozzo unisce le pale solidali all'asse lento. È accoppiato all'asse di bassa velocità dell'aerogeneratore attraverso il quale viene trasmesso il movimento di rotazione generato dalla forza del vento nelle pale. Il materiale utilizzato per la fabbricazione del mozzo è acciaio lavorato meccanicamente e il tappo con il cono di chiusura sono realizzati in lamiere di acciaio rivettato. Il riutilizzo come componenti di seconda mano è particolarmente ristretto per il mozzo, data la necessità di resistenza strutturale che si esige per questo componente. Questi componenti alla fine vengono riciclati come rottame di acciaio.

L'asse di bassa velocità

L'asse di bassa velocità dell'aerogeneratore collega il mozzo del rotore al moltiplicatore. All'interno dell'asse scorrono condotti del sistema idraulico e elettrico. Tale asse è fabbricato totalmente in acciaio, pertanto alla fine della vita utile sarà riciclato come rottame.

Il moltiplicatore

Il moltiplicatore è costruito in acciaio e completato da un sistema idraulico composto da valvole, condotti di olio e filtri. Il suo funzionamento richiede una determinata quantità di olio lubrificante, che viene periodicamente sostituita durante il funzionamento dell'aerogeneratore.

Una volta smantellato il moltiplicatore, i pezzi metallici verranno riciclati come rottami. Prima dello smantellamento, si ritirerà in maniera controllata la totalità dell'olio idraulico e lubrificante all'interno del

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 20 di 24
---	------------------------------------	---	--

moltiplicatore, così come i condotti e i filtri idraulici. Sia gli oli che i filtri dell'olio si ricicleranno tramite un gestore autorizzato.

L'asse di alta velocità

L'asse di alta velocità, con la sua rotazione, consente il funzionamento del generatore elettrico. È dotato di un freno a disco di emergenza. È fabbricato in acciaio e si trova protetto da una cassa metallica. I componenti sono in acciaio e pertanto a dismissione avvenuta verranno riciclati come rottami.

Il generatore

Il generatore è l'elemento della turbina che ha il compito di convertire l'energia meccanica in energia elettrica. L'elettricità prodotta nel generatore scende dai cavi fino alla cabina elettrica posta a base della torre per essere qui trasformata e inviata alla rete. I generatori elettrici si compongono principalmente di una carcassa e di un supporto interno di acciaio. All'interno di questa struttura si trova un avvolgimento di cavo di rame. Tanto l'acciaio quanto il rame sono destinati al riciclaggio come rottame. Il rame in particolare ha un elevato valore anche nel mercato del recupero.

Motori e riduttori

Il meccanismo di posizionamento della turbina a favore di vento è composto da motori e riduttori fissati alla gondola e che fanno presa sull'ingranaggio della corona di orientamento della torre. Il corretto orientamento viene gestito dal sistema di controllo della turbina che elabora i dati dell'anemometro installato sulla navicella in ogni turbina. Sia i motori elettrici che i riduttori sono fabbricati in acciaio. A fine vita utile dell'impianto, tali componenti verranno riciclati come rottame.

Sistema idraulico

È composto da un gruppo di pressione, valvole di controllo e un sistema di condotti idraulici che distribuiscono il liquido idraulico (olio idraulico) tra il rotore e la navicella.

Il gruppo di pressione ha il compito di far circolare il fluido idraulico che consente il corretto funzionamento dei sistemi di rotazione delle varie componenti (rotore, assi, moltiplicatori di giri, sistema di posizionamento dell'aerogeneratore), del sistema di trasmissione e del sistema di orientamento del rotore. Il sistema è fabbricato totalmente in acciaio e viene riciclato come rottame.

Il sistema idraulico canalizza il fluido in pressione fino al punto di utilizzo nei componenti che si trovano sottoposti ai movimenti di rotazione. Questi tubi e condotti sono fabbricati solitamente in polimeri sintetici e caucciù, ed alcuni sono rinforzati internamente con una maglia di filo d'acciaio. In generale tali materiali vengono gestiti come rifiuto.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 21 di 24
---	------------------------------------	---	--

Telaio della navicella

Il telaio si compone di diversi pezzi che si assemblano tra loro per formare la base sulla quale si posiziona la totalità dei componenti meccanici, elettrici ed idraulici che si trovano all'interno della navicella. Al telaio è fissata la corona e gli ancoraggi di supporto alla torre dell'aerogeneratore. Il telaio è fabbricato in acciaio, pertanto, una volta arrivati alla fine della vita utile dell'aerogeneratore vengono riciclati come rottame.

Carcassa della navicella

Tutta la navicella si rifinita di una carcassa esteriore che, come le pale, è costituita da fibre di vetro e resine. Visto che le necessità di resistenza strutturale sono molto minori per la carcassa rispetto a quelle richieste per le pale, il materiale della carcassa è più povero di fibra di vetro.

In generale, a fine vita utile la carcassa della navicella viene avviata a discarica autorizzata per rifiuti, data la non pericolosità degli stessi.

Tuttavia, si possono valutare ulteriori diverse alternative per la dismissione:

- Valorizzazione come combustibile e materia prima di processo nella produzione industriale di Cemento Clinker. Questo processo richiede un trattamento fisico a monte che permetta la sua introduzione in forma controllata nei forni di produzione del Clinker;
- riciclaggio del materiale per la fabbricazione di altri componenti attraverso il processo di separazione dei differenti componenti (processo di pirolisi). Attraverso questo processo si ottiene di nuovo la fibra di vetro, da una parte, e la resina, dall'altra;
- utilizzo come elementi di arredo urbano.

Componenti elettrici e di controllo

In tutto l'aerogeneratore e, in particolare all'interno della navicella, è installato un elevato numero di cavi e dispositivi di controllo. Da un lato si trovano i cavi che trasportano l'energia generata e dall'altro i cavi appartenenti al sistema di controllo e gestione dell'aerogeneratore. Questi cavi connettono i differenti meccanismi all'unità di controllo dell'aerogeneratore, nella quale si gestiscono tutte le informazioni dei molteplici sensori installati. La maggior parte dei cavi installati sono fabbricati in rame, sebbene si trovino anche cavi in alluminio. L'isolamento esterno nella maggior parte dei casi è in PVC, polietilene (PE) o altri polimeri. Quasi tutti i cavi sono recuperabili per il riutilizzo dei metalli, visto anche l'elevato valore economico del rame e in misura minore dell'alluminio. Il processo per il recupero di tale materiale è basato sulla triturazione iniziale del cavo e sulla separazione del conduttore metallico e dell'isolante plastico. La parte isolante di PVC e PE è anch'essa completamente riutilizzabile in altri processi produttivi.

Parti del sistema di controllo contengono piombo in una matrice di vetro o ceramica. Tali parti saranno gestite come rifiuto speciale.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 22 di 24
---	------------------------------------	---	--

Minuteria

Gli elementi necessari all'assemblaggio delle diverse parti che compongono la navicella sono fabbricati in acciaio, alluminio ed altre leghe.

Tutti questi componenti costituiscono rottami che possono essere completamente riutilizzati.

Torre

Le torri di sostegno ed i conci di fondazione di ancoraggio alla base degli aerogeneratori si fabbricano interamente a partire dalle piastre di acciaio e, sia all'interno sia all'esterno, sono ricoperte da vari strati di pittura. Le loro dimensioni e caratteristiche strutturali variano in funzione della potenza della macchina da installare. In generale le torri installate si compongono di tre trami assemblati tra di loro ed ancorati alla base di cemento. All'interno delle torri si installano vari componenti come scale, cavi elettrici di connessione dell'aerogeneratore, porta della torre e casse di connessione. Tali torri sono fabbricate con piastre di acciaio di spessore variabile, che alla fine sono ricoperte al loro esterno e al loro interno da strati di pittura per proteggerli dalla corrosione. All'interno delle torri si installano una serie di piattaforme, scale e linee di vita per l'accesso degli operai all'interno della navicella. Tali componenti sono fabbricati in acciaio o ferro galvanizzato visto che all'interno sono protetti dalla corrosione.

L'opzione più attuabile relativamente alla gestione finale dei trami che costituiscono le torri è il riciclaggio come rottame.

Tuttavia, potrebbe essere prevedibile anche un loro utilizzo qualora le caratteristiche di resistenza strutturale e le dimensioni possano essere compatibili con i modelli di aerogeneratori che saranno disponibili sul mercato.

3.4.2. Modulo di trasformazione

Una volta smontata la torre resterà solo il blocco costituito dal modulo di trasformazione. La particolarità di questo gruppo è quello di poterlo estrarre e collocare sul mezzo di trasporto interamente e solo in officina eseguire gli altri smontaggi delle altre apparecchiature. Le aziende specializzate separeranno i componenti a base ferrosa e rame e/o di valore commerciale nel mercato del riciclaggio, in modo da ridurre al minimo la percentuale di rifiuto da rottame.

3.4.3. Opere di fondazione

Dalla demolizione della parte superiore delle fondazioni degli aerogeneratori e dalla demolizione della fondazione della cabina di raccolta, si ottiene un miscuglio di calcestruzzo mescolato a ferro appartenente all'armatura del plinto e al concio dell'aerogeneratore. La parte metallica potrà essere destinata al riciclo come rottame. La base in calcestruzzo potrà riciclata come agglomerato per usi nelle costruzioni civili e, solo come alternativa, sarà conferita in discarica dei rifiuti inerti.

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 23 di 24
---	------------------------------------	---	--

3.4.4. Massicciata da strade e piazzole

La massicciata stradale derivante dalla dismissione delle strade e piazzole di servizio verrà impiegata per il ricarico delle strade bianche esistenti all'interno dell'area d'impianto e percorse dai mezzi durante le operazioni di dimissione, migliorandone in tal modo il fondo e la percorribilità. I volumi in esubero verranno conferiti a centro di recupero inerti o, nel caso più remoto, in discarica.

3.4.5. Collegamenti MT

Dalla dismissione dei tratti di cavidotto MT previsti sulla viabilità di progetto o su terreno si produrranno diversi materiali. I materiali da smaltire sono il nastro segnalatore, il tubo corrugato, l'elemento protettivo ed i materiali edili di risulta dello scavo, come la sabbia. I volumi non usati per il rinterro, quindi, saranno trasportati in appositi centri di smaltimento e per essi sarà valutato l'utilizzo più opportuno. Le componenti a protezione dei conduttori verranno smaltiti presso discarica sempre che le loro condizioni non ne consentono il riciclaggio. I conduttori dei cavi hanno un loro valore commerciale (dovuto alla presenza di metalli quali rame e alluminio) e saranno conferiti presso centri di recupero e/o riciclaggio.

3.5. Considerazioni sulla sostenibilità dell'intervento

In definitiva, l'impianto eolico di progetto sarà realizzato impiegando componenti, materiali e apparecchiature che al termine della fine utile dell'impianto ne garantiranno la reversibilità e il quasi totale riutilizzo limitando al massimo la produzione di rifiuti. Le previsioni progettuali sono quelle di mantenere in esercizio le opere che potranno essere destinate da altri utilizzi o cedute ad altri produttori, come la sottostazione di trasformazione, il cavidotto AT, e i tratti di cavidotto MT posati lungo viabilità esistente. In tal modo, molto oltre a limitare ulteriormente la produzione di rifiuti, anche gli impatti correlativi con la fase di fine vita utile dell'impianto e quindi di dismissione saranno ridotti.

L'intervento proposto risulta, pertanto, altamente sostenibile sotto il profilo degli impatti ambientali e della reversibilità delle aree interessate.

In considerazione del fatto che la fine utile dell'impianto è stimabile dopo 20-25 anni dalla sua entrata in esercizio, ad oggi non è possibile prevedere i centri di recupero, riciclaggio e le discariche ove verranno conferiti i diversi materiali provenienti dalla fase di dismissione dell'impianto eolico. Sicuramente si prediligeranno i centri più vicini anche al fine di limitare al minimo i trasporti.

È ipotizzabile, inoltre, che le tecnologie relative al riutilizzo/riciclaggio nei prossimi anni migliorino ulteriormente per cui è auspicabile che si possa ridurre ulteriormente la percentuale

 TENPROJECT	ANALISI CICLO VITA IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	GE.TSC01.PD_int1.MITE.02 06/02/2022 18/02/2022 00 24 di 24
---	------------------------------------	---	--

di componenti/materiali che alla fine utile dell'impianto eolico verranno conferiti come rifiuto presso discariche autorizzate.

Per quanto riguarda le pale che, come detto, rappresentano al momento la componente dell'aerogeneratore meno facilmente riciclabile, giunti al fine vita dell'impianto, a fronte delle nuove tecniche di realizzazione delle turbine verso le quali si sta tenendo e dei futuri processi di riciclaggio, sarà valutata con particolare attenzione la destinazione da dare alle stesse considerando, tra le varie opzioni, anche un possibile utilizzo come elemento di arredo urbano.