

Costruzione di una turbina eolica basata sulla resistenza

 windsystemsmag.com/constructing-a-drag-based-wind-turbine

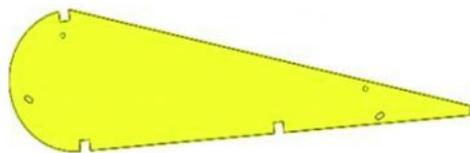
IO Bucur

15 marzo 2022

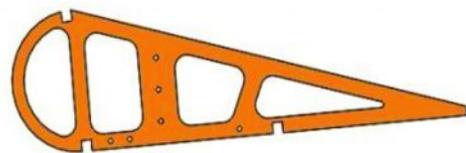
Questo articolo illustra in dettaglio le fasi principali necessarie per sviluppare, produrre e installare una turbina eolica ad asse verticale Lenz.

Considerato l'attuale trend di evoluzione tecnologica, l'utilizzo delle energie rinnovabili sembra essere la soluzione più adatta per la tutela dell'ambiente dall'inquinamento. Questo articolo mira a presentare la metodologia utilizzata per i processi di produzione e assemblaggio di una turbina eolica ad asse verticale basata sulla resistenza, affrontando in generale le fasi di entrambi i processi. La turbina eolica ad asse verticale prodotta può funzionare con successo in condizioni di vento con velocità fino a 16 m/s e riesce a fornire fino a 5 kW di potenza. I materiali di fabbricazione utilizzati per la realizzazione delle pale comprendono lamiere, montate su un telaio strutturale per una migliore rigidità.

Il rotore della turbina eolica è composto da tre pale installate su un albero collegato a un riduttore, che trasferirà la coppia al generatore a magnete permanente. L'intero processo è descritto nell'articolo e il risultato consiste nella turbina installata pronta a funzionare in condizioni operative ambientali reali. Il lavoro svolto in questo articolo è rilevante per il know-how generale relativo alla produzione e all'installazione di turbine eoliche, poiché gli autori evidenziano i principali ostacoli che hanno dovuto superare durante lo sviluppo, l'esecuzione e l'installazione del modello descritto.



a) Lid



b) Rib

c) Rod



d) Blade structure

Figura 1: Componenti della lama Lenz.

1. Introduzione

Considerando lo scenario energetico mondiale, è lecito ritenere che nei prossimi anni la maggior parte dei paesi dovrà affrontare massicci tentativi di passare dalle fonti energetiche comuni alle energie rinnovabili. Questa affermazione è rafforzata da importanti passi a livello internazionale nella direzione dell'energia verde, sostenuti da programmi come il Green Deal europeo [1] o da documenti come l'Accordo di Parigi [2]. L'energia eolica rappresenta la seconda fonte rinnovabile di energia elettrica più efficiente, secondo i dati forniti nel "Renewables 2019 Global Status Report" [3].

L'estrazione dell'energia cinetica dal vento e la sua trasformazione in energia meccanica o elettrica viene realizzata utilizzando sistemi appositamente progettati per questo compito. Tali sistemi sono comunemente chiamati turbine eoliche e si dividono in due grandi categorie in base alla direzione dell'albero rotante: turbine eoliche ad asse orizzontale (HAWT) e turbine eoliche ad asse verticale (VAWT). I due sono confrontati in [4], i punti salienti principali sono che gli HAWT possono produrre maggiori quantità di energia rispetto ai VAWT, ma necessitano di un ambiente di lavoro specifico (aree isolate con alte velocità del vento), mentre i VAWT sono più efficienti con basse velocità del vento ed in flussi turbolenti, essendo adatto per l'installazione in aree urbane e zone limitrofe.

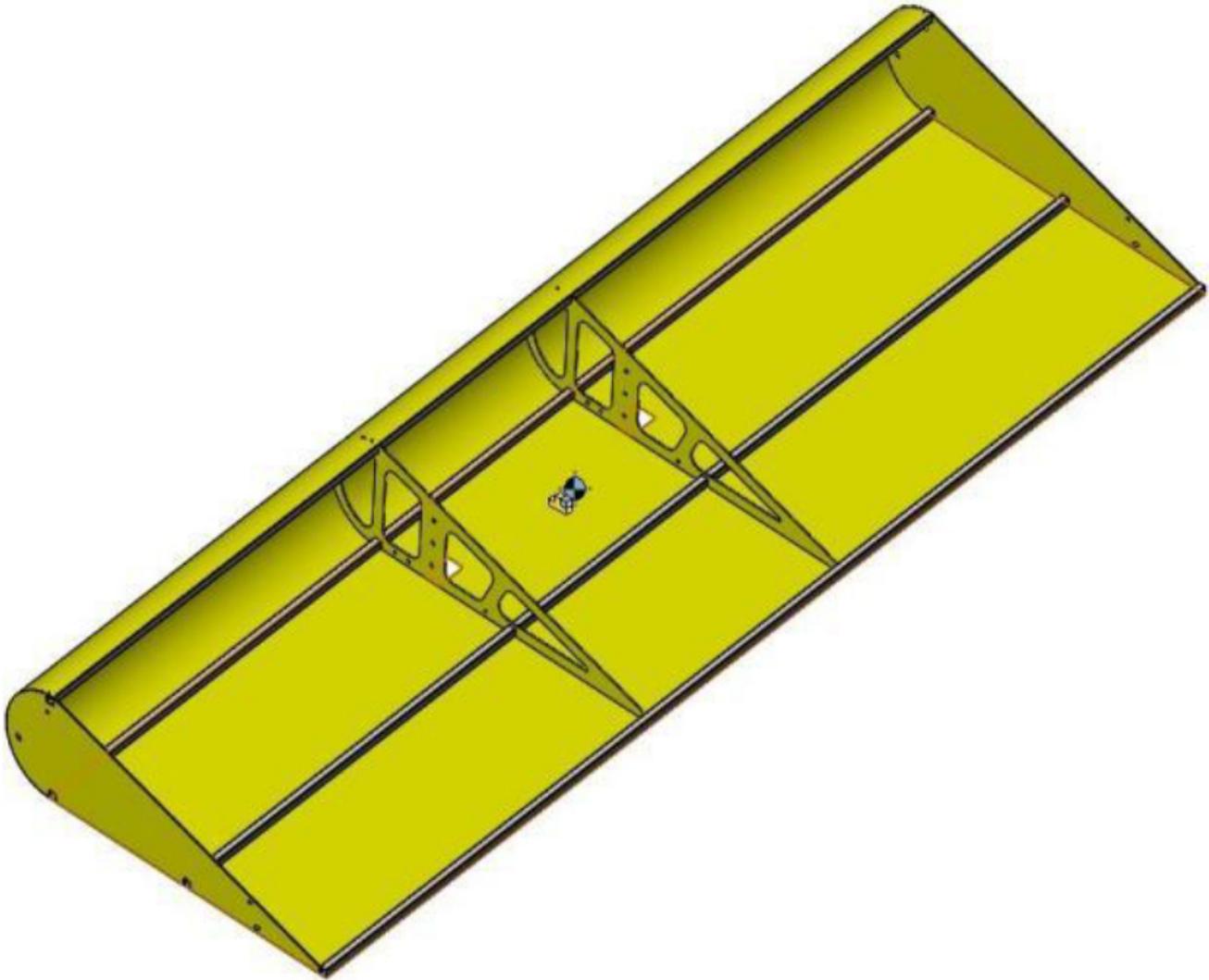


Figura 2: assemblaggio della lama Lenz.

Per migliorare l'efficienza dei VAWT e aiutarli a superare le prestazioni degli HAWT, sono state sviluppate e testate nuove configurazioni. Le configurazioni più comuni includono le turbine eoliche Savonius, Darrieus e H-Darrieus, e nuove geometrie sono state sviluppate derivate da queste, come la turbina eolica Crossflex, il rotore combinato Savonius-Darrieus, la turbina Zephyr o Lenz [5]. Questo articolo descrive il processo di produzione di quest'ultima configurazione, con un'enfasi sulla metodologia, sui materiali e sulle attrezzature utilizzate.

La geometria della turbina eolica Lenz deriva da una combinazione tra il tipo Savonius e Darrieus ed è più adatta per il funzionamento con velocità del vento ridotte. I vantaggi di un VAWT di tipo Lenz includono la fabbricazione a basso costo, poiché il suo design non è molto complicato ed è affidabile con un comportamento di avviamento migliorato e buone prestazioni con vento debole [6]. Un modello matematico per le attività di calcolo che presenta come risultato i parametri geometrici di una turbina Lenz è descritto in [7]. Viene

discussa la procedura di progettazione per questo tipo di turbina e il lavoro futuro prevede la produzione di un modello di questo tipo, con applicazioni nelle aree urbane. In [8], un Lenz VAWT con tre pale è stato progettato e realizzato utilizzando fogli di alluminio.

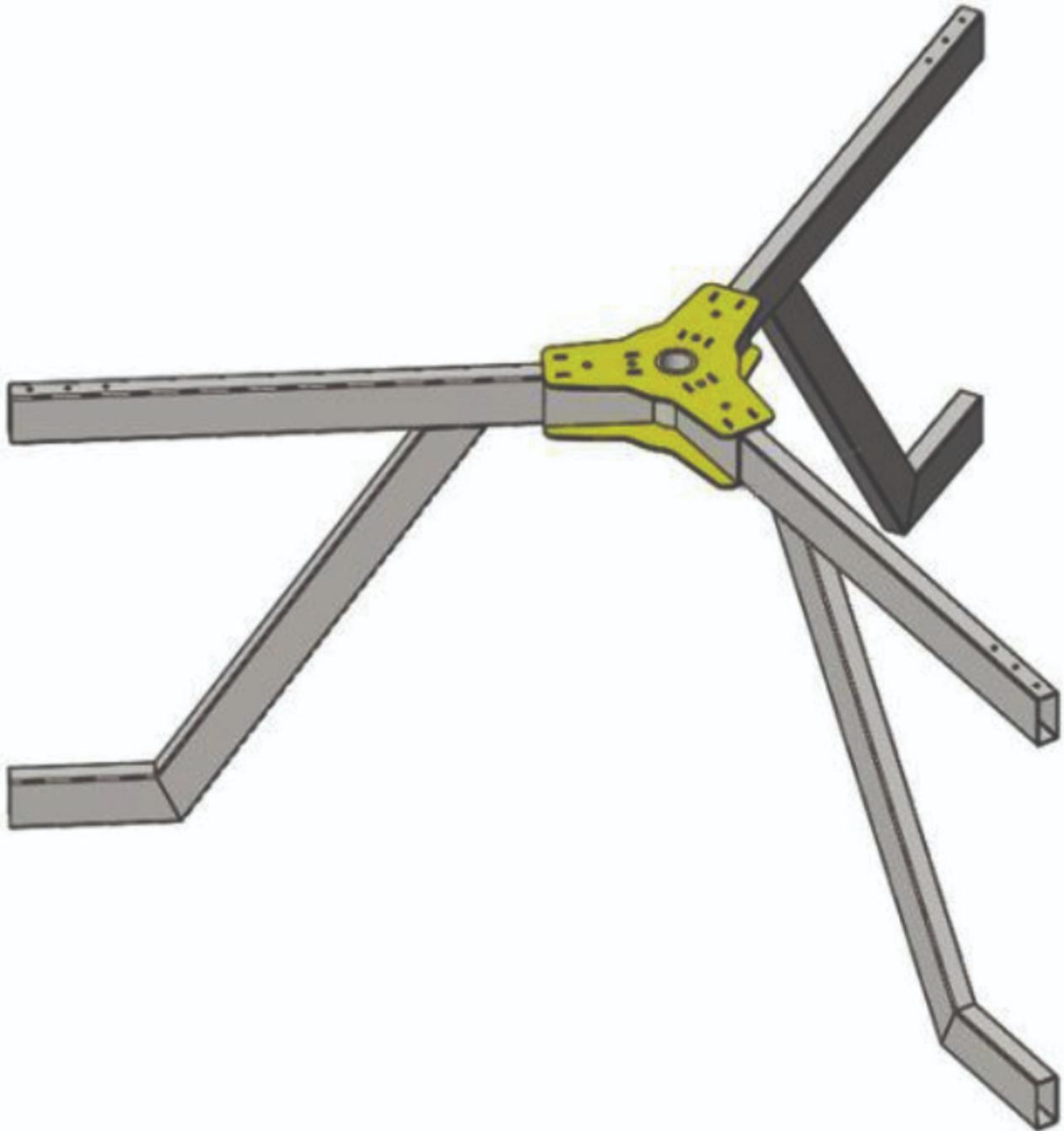


Figura 3: Il sistema di bracci utilizzato per sostenere le lame.

Il sistema è stato validato attraverso uno studio sperimentale. Inoltre, il modello è stato testato con e senza alette deflettori utilizzate come metodo per controllare la direzione del flusso d'aria e ottimizzare la geometria della linea di base. Lo studio ha concluso che un sistema di deflettori può migliorare le prestazioni complessive della turbina se installato

correttamente, poiché l'angolo di installazione ha una grande influenza sull'efficienza della turbina. Alcune campagne sperimentali, come quella presentata in [9], studiano l'influenza del numero di pale per le configurazioni discusse.

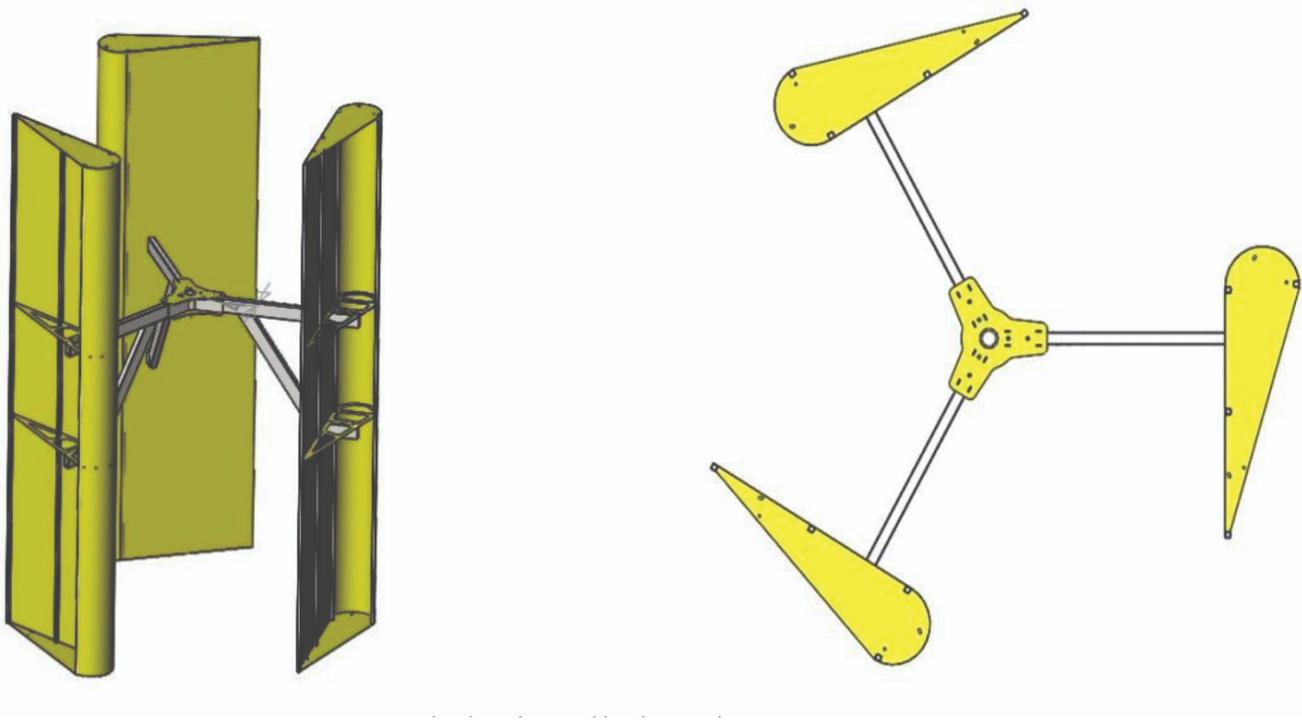
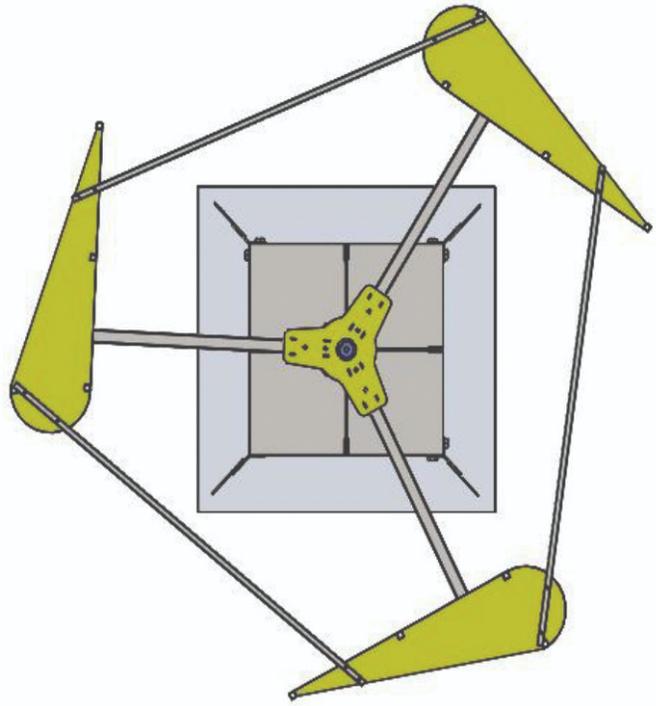


Figura 4: Lame installate sul sistema del braccio.

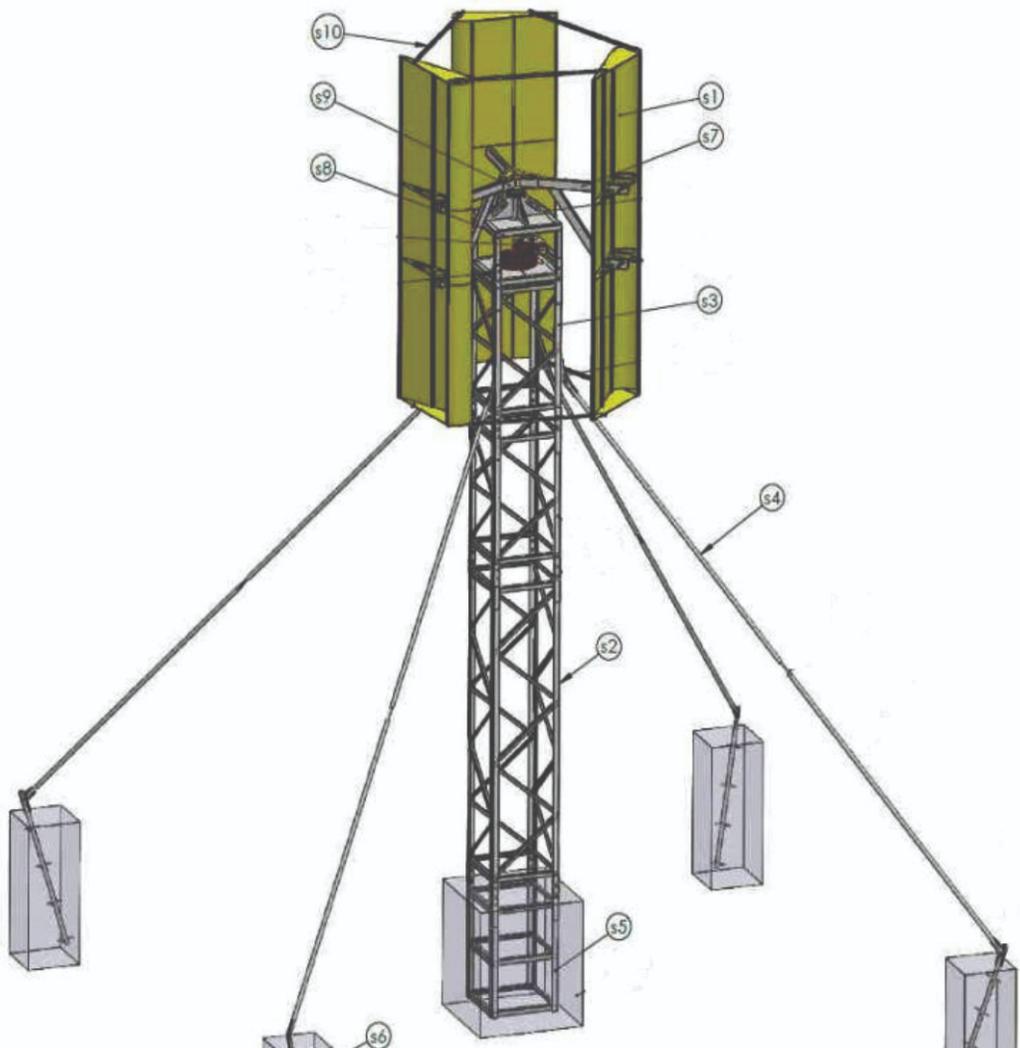
Gli autori progettano e producono una turbina eolica Lenz a cinque pale, utilizzando fogli di alluminio e fibra di vetro. Sivamani et al. studiare sperimentalmente una turbina eolica Lenz a due stadi con tre pale, per un intervallo di velocità compreso tra 5 e 7 m/s. Di conseguenza, discutono le variazioni di potenza e di coefficiente di momento [10]. Il modello esaminato è stato realizzato utilizzando un materiale solido di acciaio dolce per l'albero e i dischi, mentre per le pale sono stati utilizzati compensato e fogli di alluminio.



(a)



(b)





(c)

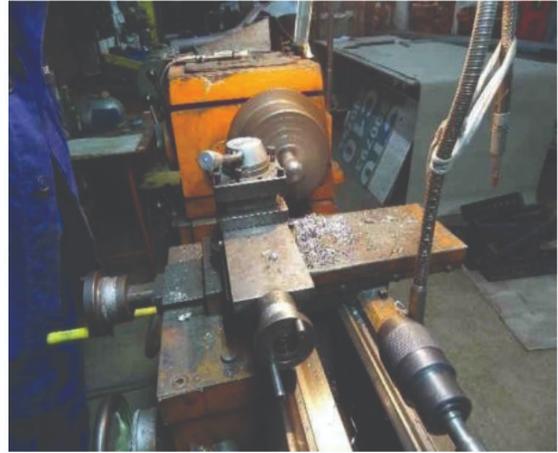
Figura 5: Modello e assemblaggio della turbina eolica Lenz.

I materiali più comuni per la fabbricazione delle pale per la geometria della turbina discussa includono sottili fogli metallici (spesso lega di alluminio) e acciaio per gli altri componenti, come si può concludere dai documenti discussi. I metodi di fabbricazione includono spesso processi di taglio e laminazione.

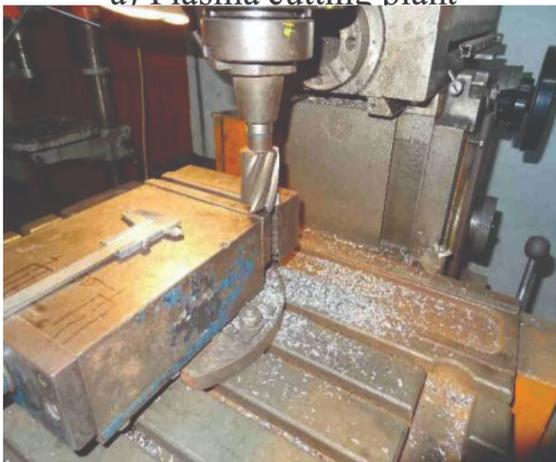
In questo articolo, per la modellazione 3D della turbina Lenz e l'assemblaggio finale, viene utilizzato il software SolidWorks. Questo strumento CAD è ampiamente utilizzato per la modellazione di varie configurazioni di turbine eoliche, come HAWT [11], Savonius [12], H-Darrieus [13], o anche geometrie combinate, come Darrieus-Savonius, come discusso in [14]. Nelle sezioni seguenti viene presentato il modello 3D del modello Lenz VAWT, nonché la progettazione dell'intero assieme. Quindi viene dettagliata la metodologia per la sua produzione, compresi i metodi tecnologici utilizzati, i materiali necessari e le attrezzature necessarie. Alla fine viene presentata l'assemblea completa.



a) Plasma cutting plant



b) Turning process



c) Milling process



d) Drilling process

Figura 6: Processi di lavorazione dei metalli impiegati nella produzione dei semilavorati per la turbina eolica Lenz.

2 Modello 3D della turbina Lenz e dell'assieme

Questa sezione presenterà brevemente la turbina eolica Lenz integrata in un assieme completamente funzionante, discutendo le parti principali della costruzione. Innanzitutto è stato realizzato il modello 3D delle pale utilizzando il software CAD SolidWorks dopo aver valutato i parametri geometrici della turbina secondo il modello matematico citato nell'introduzione. La lama era costituita da due coperchi (Figura 1a), uno disposto a ciascuna estremità della lama; due nervature utilizzate per collegare i bracci della turbina alle pale (Figura 1b); quattro aste progettate per irrigidire la pala (Figura 1c) e, infine, la struttura della pala con uno spessore di 0,5 mm (Figura 1d). I componenti sono illustrati nella Figura 1.



Figura 7: Saldatura a pressione (a sinistra) e saldatura a resistenza elettrica (a destra).

L'assemblaggio finale della lama è rappresentato nella Figura 2, dove gli elementi sopra menzionati possono essere facilmente identificati. L'altezza della pala era di 3 metri, mentre il diametro della turbina era di 2,8 metri.

Per collegare le pale all'albero è stato progettato un sistema a bracci. I bracci sono stati realizzati utilizzando un tubo rettangolare di 80×40 mm. Poiché la lama è fissata in due punti diversi, utilizzando le nervature descritte in precedenza, i bracci sono stati disposti come illustrato nella Figura 3.

Le pale montate sul sistema del braccio sono illustrate nella Figura 4. Nella Figura 5 è illustrato l'assemblaggio completo della turbina eolica Lenz. L'insieme completo è costituito principalmente da: una torre di sostegno (s5), che per un migliore appoggio è rinforzata con quattro tiranti metallici (s6) collegati al pilastro principale da quattro pali metallici (s4); la struttura della turbina: la torre superiore della turbina (s3), la scatola del generatore (s8), i bracci delle pale (s7) montati su un supporto (s9) e le pale (s1). Per garantire la stabilità delle lame durante il funzionamento, queste erano fissate con travi metalliche (s10). Come si può osservare nella Figura 5c, il pilastro principale ha tre componenti: la torre di sostegno della base (s5), l'albero grande (s2) e quello piccolo (s3). L'integrità dell'intera struttura è, come accennato in precedenza, assicurata mediante quattro tiranti aggiuntivi.



Figura 8: Torri della turbina (a sinistra) e pala (a destra) dopo l'applicazione dello strato protettivo di zinco.

3 Processo di produzione

I principali materiali utilizzati per la produzione della struttura metallica discussa includono tubi rettangolari - acciaio S275JR, tubi quadrati - acciaio S275JR, profili a U laminati - acciaio S275JR, profili a U piegati - acciaio S275JR e profili a L laminati - acciaio S275JR.

Alcuni metodi fondamentali utilizzati durante la produzione della turbina eolica e degli altri componenti dell'intero assemblaggio comprendono processi di taglio, lavorazione dei metalli e saldatura.



Figura 9: Pale e parti superiori del pilastro principale prima e dopo la procedura di verniciatura.

Il processo di produzione è iniziato con il taglio dei semifabbricati, utilizzando un impianto di taglio al plasma, come illustrato nella Figura 6a e altri processi di lavorazione dei metalli come tornitura (Figura 6b), fresatura (Figura 6c) e foratura (Figura 6d).

I provini ottenuti a seguito delle lavorazioni specificate potrebbero presentare dei residui di materiale in eccesso che dovranno essere rimossi. Per il processo di sbavatura, il processo di finitura scelto è stato la vibrofinitura, poiché era una soluzione rapida ed economica. Per unire in modo permanente le parti necessarie, sono state utilizzate la saldatura a resistenza elettrica e la saldatura a pressione, come illustrato nella Figura 7.



Figura 10: generatore assemblato.

Sulle parti prodotte è stato applicato un rivestimento protettivo di zinco nel tentativo di prevenire la ruggine. Alcune parti dopo il processo di zincatura sono mostrate nella Figura 8.

Le pale prodotte e le parti per la parte superiore del pilastro principale sono presentate nella Figura 9 prima e dopo la verniciatura. È stato progettato e realizzato un generatore, il risultato è mostrato nella Figura 10. È stato posizionato sulla parte superiore del pilastro di supporto progettato, come discusso nella Sezione 2 e illustrato nella Figura 5.



Figura 11: Elettronica della turbina eolica Lenz.

Oltre ai componenti principali elencati e discussi in precedenza, un sistema di turbine eoliche contiene anche alcuni dispositivi elettronici fondamentali. L'elettronica essenziale utilizzata per la turbina eolica Lenz sviluppata include uno strumento elettronico per il controllo dei dati (Figura 11a), una fonte di alimentazione (Figura 11b), un freno elettrodinamico dotato di un modulo di commutazione della tensione da CA a CC (Figura 11c), un GPRS (General Packet Radio Services) (Figura 11d) che consente il monitoraggio dei parametri meccanici della

turbina eolica (esempio: vibrazione della torre), un modulo dati di controllo principale (Figura 11e), un sensore di temperatura per il generatore (Figura 11f) e un modulo meteorologico (Figura 11g). Tutta l'elettronica è illustrata nella Figura 11.



Figura 12: assemblaggio della turbina Lenz.

Il modulo meteo incorpora sensori per la supervisione dei seguenti parametri: velocità del vento, direzione del vento, precipitazioni, umidità e temperatura dell'aria.

4 risultati

Dopo aver prodotto tutte le parti e applicato i necessari trattamenti menzionati, testato il generatore e revisionato tutta l'elettronica per garantirne il corretto funzionamento, è stato effettuato l'assemblaggio finale. Il risultato è presentato nella Figura 12.



Figura 13: Gru che solleva la parte superiore della turbina eolica.

La fondazione per l'installazione della torre principale di sostegno, sostenuta dai quattro tiranti, era rappresentata da un'area di 25 mq. Per il posizionamento della turbina eolica Lenz sul pilastro viene utilizzata una gru, come mostrato in Figura 13. Il risultato finale può essere osservato rispettivamente nelle Figure 14 e 15. Quest'ultima figura offre uno sguardo più da vicino alla parte superiore della turbina eolica e si può notare il generatore insieme alla stazione meteorologica.



Figura 14: Turbina eolica Lenz installata.

Questo articolo illustra in dettaglio le principali fasi necessarie per lo sviluppo, la produzione e l'installazione di una turbina eolica ad asse verticale Lenz. Innanzitutto viene descritta in dettaglio la modellazione 3D della turbina eolica, seguita dai metodi di fabbricazione e, infine, viene descritto il processo di assemblaggio. I materiali e le attrezzature utilizzate sono stati forniti nella sezione di produzione. Il risultato è stato la turbina eolica Lenz assemblata e installata, in grado di generare fino a 5kW di potenza. La struttura metallica era dotata di un sistema di protezione contro l'illuminazione e la torre era collegata ad una messa a terra elettrica certificata.



Figura 15: Turbina eolica Lenz: sguardo più da vicino.

Questo articolo contribuisce alle competenze comuni riguardanti la produzione e l'installazione delle turbine eoliche, poiché descrive in modo conciso le fasi incluse in un processo così ampio.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del POC – Programma Operativo Competitività, sostenuto dai fondi dell'UE e del Ministero rumeno della Ricerca e dell'Innovazione, numero di progetto POC 9/01.09.2016, MySmis 105890, ID P_40_309.

Riferimenti

1. L'azione dell'UE per il clima e il Green Deal europeo. Disponibile online: https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en (accesso il 2/02/2021).
2. Accordo di Parigi 2015, Parigi, Francia. Disponibile online: <https://unfccc.int/documents/9097> (accesso il 2/02/2021).
3. Rapporto sullo stato globale delle energie rinnovabili 2019, Parigi: Segretariato REN21, 2019. ISBN 978-3-9818911-7-1.
4. Johari MK, Jalil MAA e Shariff MFM 2018, Confronto tra turbine eoliche ad asse orizzontale (HAWT) e turbine eoliche ad asse verticale (VAWT), International Journal of Engineering & Technology 7 74-80.
5. Bhutta MMA, Hayat N, Farooq AU, Ali Z, Jamil SR e Hussain Z 2012, Turbine eoliche ad asse verticale – Una revisione di varie configurazioni e tecniche di progettazione, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 1926-1939.
6. Nishioka AH e de Almeida O 2018, Studio, progettazione e test di una turbina eolica di tipo LENZ, International Journal of Advanced Engineering Research and Science 5.
7. Gohil HP e Patel ST 2014, Procedura di progettazione per turbine eoliche ad asse verticale di tipo Lenz per applicazioni domestiche urbane, International Journal for Scientific Research & Development 2.
Deori B, Barman S, Das S, Hussain M, Basumatary SM e Sharma KK 2015, Experimental Studio sulle prestazioni della turbina eolica ad asse verticale Lenz, Journal of Material Science and Mechanical Engineering 2 62-64.
8. Mongkunkeaw T, Kotpai S, Rachsale N, Nakarungsu S, Thungsuk N, Yuji T e Chansri P 2015, A Lenz Wind Turbines Five Blades for Produced Electricity, 2a conferenza asiatica sull'installazione elettrica e la tecnologia applicata.
9. Sivamani S, Premkumar MT, Sohail M, Mohan T e Hariram V 2017, Dati sperimentali sulla prova di carico e parametri prestazionali di una turbina eolica ad asse verticale di tipo Lenz in condizioni di ambiente aperto, Dati in breve 15 1035-1042.
10. Hosseini SF e Moetakef-Imani B 2017, Approccio innovativo alla progettazione assistita da computer di pale eoliche ad asse orizzontale, Journal of Computational Design and Engineering 4 98-105.

11. Belmili H, Cheikh R, Smail T, Seddaoui N e Biara RW 2017, Studio, progettazione e produzione della turbina eolica ibrida Savonius ad asse verticale per l'architettura urbana, Energy Procedia 136 330-335.
12. Ferroudji F, Khelifi C e Meguellati F 2016, Analisi modale di una piccola turbina eolica H-Darrieus basata su CAD 3D, FEA, International Journal of Renewable Energy Research 6.
13. Ferroudji F, Khelifi C, Meguellati F e Koussa K 2017, Progettazione e analisi strutturale statica di una turbina eolica combinata Darrieus-Savonius da 2,5 kW, International Journal of Engineering Research in Africa 30 94-99.

ARTICOLI CORRELATI ALTRO DALL'AUTORE



Venti contrari per le costruzioni offshore



Come la saldatura a spirale sta rivoluzionando la produzione di turbine eoliche



Grandi risparmi: il ruolo della manutenzione predittiva nell'affidabilità dei componenti
