

RIDUZIONE DELL'EMISSIONE SONORA DI UN ASCIUGACAPELLI TRAMITE RIPROGETTAZIONE FLUIDODINAMICA

Francesco Pompoli (1) Mattia Piovan (2), Nicola Aldi (3), Michele Pinelli (4), Alessio Suman (5), Nicola Zanini (6), Emilio Verzè (7)

- 1) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, francesco.pompoli@unife.it
- 2) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, mattia.piovan@unife.it
- 3) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, nicola.aldi@unife.it
- 4) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, michele.pinelli@unife.it
- 5) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, alessio.suman@unife.it
- 6) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, nicola.zanini@unife.it
- 7) G.A.MA Srl., Gossolengo (PC), everze@gama.eu

SOMMARIO

Nel presente articolo vengono riassunti i principali risultati ottenuti in termini di riduzione del rumore ed aumento dell'efficienza in seguito alla riprogettazione fluidodinamica di un asciugacapelli professionale.

1. Introduzione

Ogni anno vengono venduti nel mondo più di 250 milioni di asciugacapelli. Ciascuno di essi ha una emissione media di CO₂ pari a 25 kg/anno, pertanto l'aumento dell'efficienza di questi elettrodomestici ha rilevanza nella riduzione dei consumi elettrici e delle emissioni in atmosfera. Un ulteriore aspetto importante è costituito dall'emissione sonora, localizzata in prossimità dell'orecchio dell'utilizzatore, che nel caso di operatori professionali con utilizzo prolungato può portare a problemi di esposizione al rischio rumore.

Le sorgenti sonore principali sono costituite dal ventilatore e dal getto d'aria uscente dall'asciugacapelli [1][2], che deve raggiungere una velocità sufficiente ad asciugare velocemente i capelli; il rumore generato, dovuto al flusso turbolento dell'aria, è correlato alla portata d'aria elaborata dal ventilatore, e quindi riducendo questa (tramite il numero di giri di rotazione della ventola) è possibile ridurre notevolmente il rumore, a discapito di tempi di asciugatura maggiori. La progettazione dell'asciugacapelli deve quindi considerare due aspetti in contrasto tra loro, rumore e prestazione, definendo un punto di funzionamento che rappresenti il miglior compromesso.

2. Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto su un asciugacapelli professionale commerciale prodotto da G.A.MA. L'intero studio è stato effettuato in assenza di accessori applicabili in uscita all'asciugacapelli e senza utilizzare il riscaldamento dell'aria.

Misure sperimentali di portata e potenza sonora sono state condotte su un banco prova conforme alla UNI EN 5801 e in camera semi-anechoica secondo la IEC 60704-1, che si riferisce alla UNI EN ISO 3744 (figura 1).

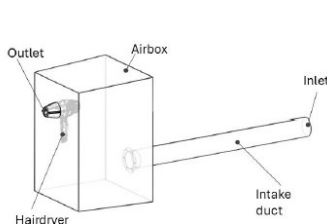


Figura 1 – Set up sperimentale per le misure di portata (sinistra) e potenza sonora (destra)



Per la riprogettazione fluidodinamica dell'asciugacapelli si è utilizzato il codice CFD ANSYS CFX, nel quale si è inizialmente ricostruita la geometria virtuale 3D del ventilatore e del percorso dell'aria all'interno dell'asciugacapelli. Questo modello è stato validato grazie alle misure di portata sperimentali effettuate sul asciugacapelli in commercio ed ha consentito di calcolare l'efficienza e l'aumento di pressione totale generato dalla ventola, necessari come input del processo di riprogettazione della girante. Una volta calcolati questi parametri, è stato selezionato il tipo di ventola più adatto in base al diagramma Cordier. Viene scelta una girante a flusso misto per l'applicazione specifica [3][4]. Il confronto qualitativo tra la girante originale e la girante riprogettata è riportato in figura 2. La completa descrizione del processo di riprogettazione viene riportata in [5].

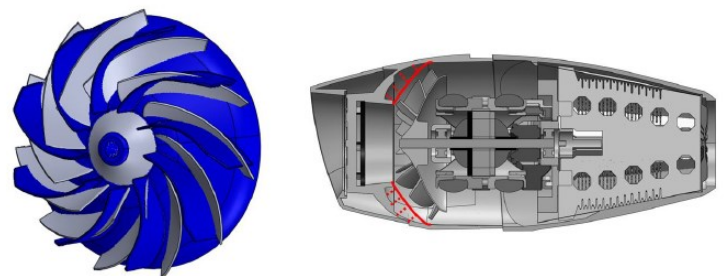


Figura 2 – A sinistra, confronto tra girante originale (blu) e riprogettata (grigia), a destra vista in sezione dell'asciugacapelli

Inizialmente, viene riprogettata solo la girante e l'analisi CFD relativa mostra un aumento poco significativo della portata di massa elaborata dall'asciugacapelli dovuto alla maggiore distanza tra l'apice della pala e la cassa esterna del dispositivo, la quale causa una minor efficienza volumetrica. Per questo motivo, è stato progettato un convogliatore, non presente sul modello commerciale, al fine di aumentare l'efficienza volumetrica della girante e di conseguenza aumentare la portata elaborata dal ventilatore. La sezione del convogliatore all'interno dell'asciugacapelli è evidenziata in figura 2 con una linea rossa. L'analisi numerica conferma l'aumento di portata elaborata e l'incremento del rendimento volumetrico a parità di velocità di rotazione, inoltre evidenzia una leggera diminuzione della richiesta

di potenza elettrica. L'incremento dell'efficienza volumetrica viene anche evidenziato in figura 3 dal minor numero di linee di flusso presenti in prossimità dell'apice delle pale.

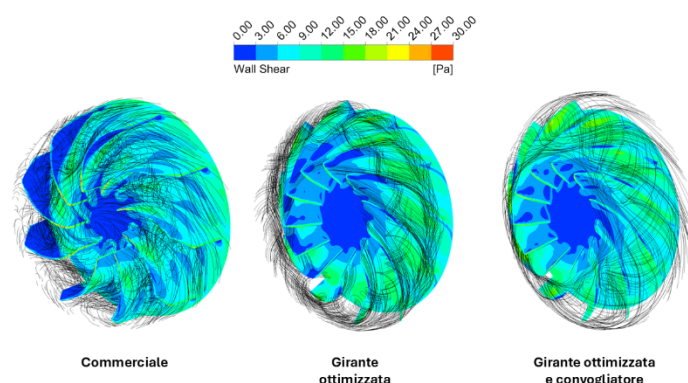


Figura 3 – Confronto tra le linee di flusso ottenute nelle tre configurazioni

Al termine di questa fase numerica è stato realizzato un prototipo del nuovo ventilatore e del convogliatore (figura 4), per poter analizzare le prestazioni del sistema in termini di velocità del flusso, potenza elettrica richiesta elettrica e potenza sonora emessa.

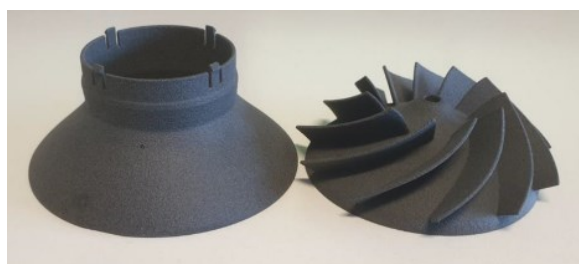


Figura 4 – Convogliatore e girante ottimizzata realizzati mediante prototipazione rapida

3. Risultati

Si riportano in questo paragrafo i confronti tra i risultati sperimentali ottenuti prima e dopo la riprogettazione fluidodinamica, in termini di velocità del flusso d'aria, di consumo elettrico e di rumorosità emessa.

I test sul prototipo finale sono stati condotti con e senza il convogliatore, per verificare l'influenza di un componente precedentemente non presente nell'asciugacapelli. La velocità di rotazione è stata variata per mantenere la velocità del flusso in uscita uguale a quella prodotta dall'asciugacapelli commerciale, in modo da valutare la riduzione dell'emissione sonora e del consumo elettrico a parità di prestazione.

Tabella 1 – Confronto delle prestazioni prima e dopo la riprogettazione (tra parentesi, in corsivo, la riduzione percentuale del consumo elettrico e la riduzione in dB(A) della potenza sonora)

	<i>Velocità media uscita [m/s]</i>	<i>Potenza elettrica [kW]</i>	<i>Potenza sonora [dB(A)]</i>
Modello commerciale	16.8	173.2	82.6
Modello con ventilatore ottimizzato	16.8	121.9 (-30%)	80.4 (-2.2)
Modello con convogliatore e ventilatore ottimizzato	16.8	82.9 (-52%)	77.3 (-5.3)

Come si può notare, il miglioramento ottenuto con l'utilizzo della sola girante ottimizzata è rilevante, sia in termini di consumo elettrico (-30%) che in termini di riduzione della potenza

sonora (-2.2 dB(A)). Utilizzando il convogliatore, è stata ottenuta un'ulteriore riduzione della richiesta elettrica (-52%) e della potenza sonora (-5.3 dB(A)). Per quanto riguarda lo spettro sonoro, in figura 5 sono riportati i valori potenza sonora in terzi di ottava per le tre configurazioni testate indicate in tabella 1.

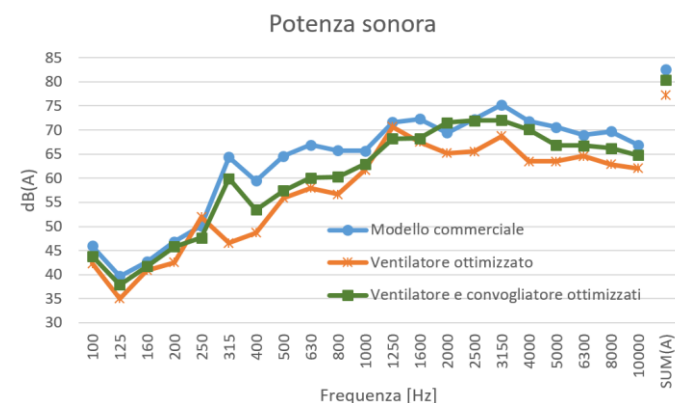


Figura 5 – Spettri di potenza sonora in dB(A) per le tre condizioni testate

L'ottimizzazione fluidodinamica del ventilatore comporta una riduzione più significativa delle frequenze medie, comprese tra 315 e 800 Hz, mentre alle frequenze superiori ad 1 kHz, più influenti sul livello in dB(A), la riduzione è ridotta; l'adozione del convogliatore introduce una notevole riduzione alle alte frequenze, oltre a ridurre di circa 15 dB il rumore alla frequenza palare, che tra l'altro scende da 315 Hz a 250 Hz per la riduzione della velocità di rotazione del ventilatore.

4. Conclusioni

Nell'articolo è presentato il processo di riprogettazione di un asciugacapelli per migliorarne l'efficienza e il rumore. L'attività è stata svolta partendo da misure sperimentali del modello commerciale, utili per la validazione del modello fluidodinamico numerico sviluppato con ANSYS CFX, ed è successivamente proseguita con una ottimizzazione fluidodinamica virtuale del sistema. Il processo ha portato a riprogettare il ventilatore dell'asciugacapelli, con l'adozione di una girante a flusso misto, ed all'introduzione di un convogliatore nella zona di aspirazione che aumenta notevolmente l'efficienza fluidodinamica del sistema nel suo complesso. Le misure sperimentali effettuate sul prototipo, con ventola e convogliatore realizzati con stampa 3D, hanno evidenziato un notevole aumento dell'efficienza fluidodinamica, che ha consentito di dimezzare il consumo elettrico dell'asciugacapelli e di ridurre la potenza sonora di 5.3 dB(A), a parità di prestazione in termini di velocità del flusso.

5. Bibliografia

- [1] B. Akhmetov, S. Gupta and K. K. Ahuja, - *Noise source ranking of a hair-dryer*, Proceedings of 20th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Atlanta, GA, 2014.
- [2] L. Che, H. Lee and H. P. Lee, - *Acoustical analysis and optimization design of the hair dryers*. *Noise Mapping*, De Gruyter, 2024.
- [3] U. Jung, J.-H. Kim, S. Kim, J.-H. Kim and Y. Choi, - *Analyzing the shape parameter effects on the performance of the mixed-flow fan using CFD & Factorial design*, Journal of Mechanical Science and Technology, 2016.
- [4] G. V. R. Seshagiri Rao, V. V. Subba Rao and C. Prabakara Rao, - *Design of mixed flow fan with rapid prototyping method for acoustics performance*, Indian Journal of Science and Technology, 2016.
- [5] M. Piovani, N. Aldi, M. Pinelli, F. Pompili, A. Suman, N. Zanini and E. Verzè, - *Design of a mixed-flow fan for hair dryer application: acoustic and fluid dynamic improvement*, Proceeding of FAN Conference, 2025. Article under publication.