

Titolo	draG REduction inducEd by siNusoidal shapEd Riblets
Acronimo	GREENER
Durata	28/09/2023 - 28/02/2026
Responsabile	Carlo Salvatore Greco
Partner	Politecnico di Torino
Call	PRIN: PROGETTI DI RICERCA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE – Bando 2022
Fonte di finanziamento	Ministero dell'Università e della Ricerca
Link	

#### Abstract

Il progetto è dedicato allo studio di geometrie innovative di riblet per la riduzione della resistenza d'attrito, combinando tecniche sperimentali all'avanguardia e simulazioni numeriche.

Per i velivoli convenzionali, la resistenza d'attrito rappresenta la quota più significativa della resistenza totale, arrivando a quasi il 50% durante la crociera. Ridurre questa quota anche di pochi punti ha un impatto immediato sulle emissioni di carbonio del sistema di trasporto aereo. Se da un lato ciò ridurrebbe il consumo di carburante, la forte spinta verso un velivolo completamente elettrico pone il problema dell'autonomia e del peso delle batterie che devono essere immagazzinate a bordo. I risultati di questo progetto mirano ad estendere la comprensione della fluidodinamica degli strati limite turbolenti manipolati con micro-rugosità, come le riblet sinusoidali. In primo luogo, la scalabilità tra i parametri geometrici delle riblet sinusoidali (lunghezza d'onda, ampiezza, spaziatura) e la riduzione della resistenza fornirà alla comunità scientifica uno strumento per progettare rapidamente dispositivi passivi efficienti per la riduzione della resistenza. Verrà sviluppato un nuovo approccio sperimentale non intrusivo basato sulla termografia IR e validato rispetto a tecniche esistenti e consolidate, come le misurazioni con celle di carico e la Particle Image Velocimetry (PIV). Lo scopo della nuova tecnica è duplice: in primo luogo, consentirà la misurazione del coefficiente di attrito superficiale, fornendo così alla comunità scientifica uno strumento per misurare con precisione anche piccoli valori della resistenza esercitata su pareti scabre. In secondo luogo, consentirà la mappatura delle strutture in prossimità delle pareti che caratterizzano lo strato limite turbolento, consentendo di correlare tali strutture con le misure del campo di flusso.

D'altro canto, verrà sviluppato, implementato e confrontato con i dati sperimentali un approccio efficiente alla simulazione numerica di flussi complessi, in cui la manipolazione della geometria può essere efficacemente rappresentata da opportune condizioni al contorno.

I risultati del progetto rappresenteranno un passo avanti per la comunità scientifica interessata ai flussi a parete, alla riduzione della resistenza e, di conseguenza, alla mitigazione dell'impatto ambientale del sistema di trasporto aereo.

Title	Enhancing heat transfer of an IMpinging PULsed JET: an experimental-numerical approach guided by genetically-based machine learning
Acronym	IMPULJET
Duration	30/11/2023 - 28/02/2026
Responsible	Carlo Salvatore Greco
Partner	Università degli Studi di Salerno; Gran Sasso Science Institute
Call	PRIN: PROGETTI DI RICERCA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE – Bando 2022 PNRR
Funding Source	Ministero dell'Università e della Ricerca
Link	

## Abstract

La configurazione del getto impingente è rilevante in molte applicazioni industriali, in particolare quelle che coinvolgono processi di riscaldamento e raffreddamento. Nonostante i risultati promettenti in termini di trasferimento di calore, le soluzioni proposte sono fortemente dipendenti dal caso specifico e si basano in larga misura su conoscenze ed esperienze pregresse piuttosto che su una comprensione approfondita dei processi fisici coinvolti. L'obiettivo del progetto è introdurre un approccio strutturato e coerente per ottenere un trasferimento di calore ottimale in applicazioni ingegneristiche reali. Come risultato di questa sfida innovativa, lo stato dell'arte verrà ampliato introducendo una strategia di apprendimento automatico basata sulla programmazione genetica lineare in grado di guidare il sistema verso la massima efficienza possibile. L'obiettivo auspicato richiede un approccio combinato sperimentale-numeric: le indagini sperimentali saranno il motore del processo di ottimizzazione, mentre accurate simulazioni numeriche faranno luce sul meccanismo fisico responsabile del miglioramento dell'efficienza del trasferimento di calore. Il successo di questo progetto offrirà uno strumento innovativo per ricercatori accademici e aziende industriali. In particolare, tale approccio computazionale consentirà di progettare modelli di ordine ridotto per prevedere i parametri di flusso ottimali in funzione della configurazione del flusso. Sebbene la metodologia proposta verrà applicata per studiare la fisica della configurazione del getto impingente, l'impatto dell'azione di ricerca non si limita a questi casi rilevanti, ma apre nuovi orizzonti per rendere i settori dell'energia e dei trasporti più rispettosi del clima e dell'ambiente.

La prima attività di ricerca di IMPULJET consiste nella configurazione di un esperimento sul getto impingente, che prevede la possibilità di prescrivere una legge di iniezione pulsata e di eseguire simultaneamente misure di termografia a infrarossi (IR) e Particle Image Velocimetry (PIV).

La legge ottimale sarà determinata sperimentalmente utilizzando la programmazione genetica lineare e la configurazione di flusso ottimale risultante sarà studiata tramite PIV.

I meccanismi fisici responsabili del miglioramento delle prestazioni di scambio termico saranno studiati attraverso simulazioni numeriche dirette (DNS) ad hoc. In particolare, la DNS verrà eseguita per il caso di ingresso tempo-invariante e per la forma d'onda di ingresso pulsata ottimale, al fine di accertare meglio differenze e analogie tra questi due casi limite e, di conseguenza, migliorare la conoscenza della termofluidodinamica del sistema. I risultati numerici saranno confrontati con i dati PIV al fine di convalidare l'approccio sperimentale numerico. Inoltre, la decomposizione in modi dinamici (DMD) verrà applicata ai dati DNS tridimensionali per individuare le componenti chiave del flusso, in termini di vorticità e strutture termiche, che sono correlate al miglioramento dello scambio termico.

Titolo	MachIne LEarning-baSed conTrOl via syNthetic jETs
Acronimo	MILESTONE
Durata	02/10/2023 - 01/10/2026
Responsabile	Gerardo Paolillo
Partner	
Call	Bando Finanziamento Ricerca di Ateneo - Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Fonte di finanziamento	Università degli Studi di Napoli "Federico II" e Compagnia di San Paolo
Link	

## Abstract

Il progetto riguarda l'applicazione sperimentale di metodi di Machine Learning (ML) per l'ottimizzazione del Controllo di Flusso Attivo (AFC) open- e closed-loop tramite la tecnologia a getto sintetico (synthetic jet, SJ). L'attenzione è rivolta al controllo della scia turbolenta in prossimità di corpi tozzi, con l'obiettivo di ridurre la resistenza aerodinamica e sopprimere il distacco di vortici. Gli attuatori SJ si sono dimostrati uno strumento promettente in questo senso, grazie sia alla loro efficacia nel controllo della separazione sia alle loro caratteristiche vantaggiose, come compattezza, bassi consumi e affidabilità. Il lavoro proposto mira ad applicare le tecniche di Machine Learning per estendere le potenzialità dei dispositivi SJ oltre l'attuale livello di applicazione e a individuare strategie di controllo in grado di offrire prestazioni migliori a parità di condizioni operative e/o consumi energetici. I test sperimentali saranno condotti in una galleria del vento

subsonica su un benchmark classico, ovvero un cilindro circolare dotato di un SJ posizionato nel punto di ristagno posteriore. Per il controllo open-loop, la migliore strategia di controllo viene identificata in termini di forma d'onda ottimale del segnale di ingresso di comando da inviare all'attuatore del getto sintetico, mentre per il controllo a ciclo chiuso diversi aspetti sono coinvolti nel processo di ottimizzazione, come il tipo e il numero di grandezze di flusso da misurare come feedback. In entrambi i casi, vengono applicate e valutate comparativamente due tecniche di apprendimento automatico: il Deep Reinforcement Learning e il Genetic Programming Control. Viene inoltre eseguita un'analisi a posteriori del campo di flusso tramite Particle Image Velocimetry. Pertanto, il presente progetto contribuisce sia alla valutazione della fattibilità di approcci di ML nel campo del controllo di flusso sul lato sperimentale, sia all'avanzamento delle conoscenze fondamentali sul comportamento dei getti sintetici e sulla loro interazione con la scia dietro i corpi tozzi. Tali risultati sono rilevanti in generale per tutte le applicazioni relative al controllo di flussi separati, anche quelli su forme aerodinamiche, con chiare implicazioni nei settori automobilistico e aerospaziale.

Titolo	Machine-learning cONtrol of wIng Tip vORTices via sYnthetic jets
Acronimo	MONITORY
Durata	30/11/2023 - 28/02/2026
Responsabile	Tommaso Astarita
Partner	Università degli Studi della Campania "Vanvitelli"
Call	PRIN: PROGETTI DI RICERCA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE – Bando 2022
Fonte di finanziamento	Ministero dell'Università e della Ricerca
Link	

#### Abstract

Il presente progetto riguarda l'indagine numerica e sperimentale sull'applicazione di metodi di Machine Learning (ML) all'ottimizzazione del Controllo di Flusso Attivo (AFC) open- e closed-loop dei vortici di estremità alare tramite la tecnologia a getto sintetico (synthetic jet, SJ). I vortici di estremità alare sono strutture che si formano alle estremità di una superficie portante, a causa della differenza di pressione tra la parte inferiore e quella superiore della superficie. Questi vortici sono responsabili di effetti indesiderati nelle applicazioni ingegneristiche che coinvolgono l'uso di ali, come: generazione di resistenza indotta negli aeroplani; interazione vortice-pala nei rotori; riduzione della distanza minima di separazione tra gli aeroplani durante il decollo o l'atterraggio. Gli attuatori SJ hanno dimostrato di essere uno strumento efficace per l'indebolimento dei vortici di estremità alare, sia grazie alla loro efficacia nel controllo della separazione sia grazie alle loro caratteristiche vantaggiose, come compattezza, bassi consumi e affidabilità. La presente ricerca mira ad applicare le tecniche di Machine Learning per migliorare l'autorità di controllo dei dispositivi SJ al fine di minimizzare la resistenza indotta e il consumo energetico. Simulazioni numeriche e test sperimentali vengono eseguiti su un'ala rettangolare in diverse condizioni operative. La fluidodinamica computazionale viene utilizzata nella prima fase del progetto sia per la progettazione degli esperimenti sia per l'identificazione di strategie di controllo ottimali da validare sperimentalmente. I test sperimentali vengono eseguiti in una galleria del vento subsonica nelle stesse condizioni operative delle simulazioni e i dati raccolti vengono analizzati sia in modo comparativo che complementare rispetto ai risultati numerici. Infatti, viene eseguita una ricostruzione numerica delle campagne di test in galleria del vento per approfondire le attività di indagine. Per il controllo a ciclo aperto, la migliore strategia di controllo viene identificata in termini di velocità ottimale all'uscita dello slot del getto sintetico (condizione al contorno nelle simulazioni e risultato del segnale di ingresso di potenza assegnato negli esperimenti), mentre per il controllo a ciclo chiuso diversi aspetti sono coinvolti nel processo di ottimizzazione, come il tipo e il numero di grandezze di flusso da misurare come feedback. In entrambi i casi, vengono applicate e valutate comparativamente due tecniche di Machine Learning: il Deep Reinforcement Learning e il Genetic Programming Control. Viene inoltre eseguita un'analisi a posteriori del campo di flusso, sia numericamente che sperimentalmente.

I principali contributi innovativi del presente progetto riguardano, da un lato, la valutazione degli approcci ML nel controllo dei vortici di estremità alare, dall'altro l'avanzamento delle conoscenze fondamentali e operative sul comportamento delle SJ e sulla loro interazione con le strutture vorticosi, che possono essere fruttuose anche per altri campi di ricerca.

Gli effetti negativi dei vortici di estremità alare possono essere significativamente ridotti utilizzando un controllo di flusso attivo, limitando così i costi operativi e l'impatto ambientale, non solo per il trasporto aereo, ma anche per la mobilità aerea urbana, le energie rinnovabili e la transizione alla propulsione elettrica.

Titolo	Heat Exchange Exergy
Acronimo	HEXERGY
Durata	01/09/2023 - 31/08/2026
Responsabile	Gennaro Cardone
Partner	Europea Microfusioni Aerospaziali, ENEA, GLAYX
Call	CSEA, Bando b 2020 relativo al Piano Triennale 2019-2021
Fonte di finanziamento	Il Ministero dell' Ambiente e della Sicurezza Energetica
Link	<a href="https://www.csea.it/">https://www.csea.it/</a>

#### Abstract

L'obiettivo principale del progetto è lo sviluppo di un'innovativa pompa di calore termica ad adsorbimento per il recupero del calore di scarto da processi industriali e il potenziamento di applicazioni termiche a media e alta temperatura. Affronta la questione cruciale dello sfruttamento del calore di scarto con un significativo risparmio di fonti fossili per il calore di processo in diversi settori industriali (agroalimentare, cartario, farmaceutico, chimico). In ambito industriale, il calore di scarto superiore a 200 °C viene tipicamente recuperato attraverso scambiatori di calore sensibili che operano con una differenza di temperatura tra la fonte di recupero e l'utente finale. Per superare questo limite, viene proposta un'innovativa pompa di calore termica ad adsorbimento (basata sulla conversione termochimica dell'energia termica) in grado di aumentare la temperatura del calore di scarto rendendolo disponibile nel processo industriale e di aumentare l'exergia del calore scambiato (Heat Exchange Exergy -> HEXERGY).

Questo progetto prevede lo sviluppo, la progettazione e il collaudo di una pompa di calore termica con una potenza di 40 kW in grado di ottimizzare i flussi termici tra 80 °C e 200 °C con una differenza di temperatura tra la sorgente ad alta e quella a bassa temperatura compresa tra 30 °C e 50 °C. La pompa di calore sarà integrata e testata all'interno di un processo industriale di fonderia di precisione (microfusione) utilizzando una caldaia elettrica e un forno. Il progetto mira ad analizzare e superare il principale limite dei sistemi di adsorbimento, rappresentato dalla bassa potenza termica di scambio del letto di reazione (dovuta alla bassa conduttività del materiale adsorbente), proponendo sistemi di scambio termico basati su tecnologie e geometrie innovative. In questo contesto, tutti i componenti critici del sistema (coppia di lavoro adsorbente/adsorbato, ciclo termodinamico, condizioni operative, scambiatore di calore, reattore, variatore di fase) saranno ottimizzati per massimizzare il COP (Coefficiente di Prestazione) in funzione della differenza di temperatura e della potenza termica scambiata.

Titolo	Centro Nazionale Mobilità Sostenibile – Spoke 1 Air Mobility – WP4 <i>Scalable, Safe and Silent next generation aircraft with demonstrator</i>
Acronimo	CN-MOST – Spoke 1 Air Mobility – WP4 <i>Scalable, Safe and Silent next generation aircraft with demonstrator</i>
Durata	01/09/2022 - 28/02/2026
Responsabile	Carlo Salvatore Greco
Partner	Accenture, Leonardo, Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Poste Italiane, Teoresi, Thales Alenia Space, Università degli Studi di Bergamo, Università degli Studi di Bologna, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”.
Call	Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza
Fonte di finanziamento	Unione Europea Next Generation EU, Ministero dell’Università e della Ricerca
Link	<a href="https://www.centronazionalemost.it/eg/Spoke1.html">https://www.centronazionalemost.it/eg/Spoke1.html</a>
Abstract	
<p>Le attività di Spoke 1 sfruttano tecnologie all'avanguardia per migliorare la competitività dell'industria aerospaziale italiana a livello globale. La collaborazione tra istituti di ricerca di alto livello e attori industriali chiave porterà alla creazione di laboratori viventi, ovvero ambienti dimostrativi su larga scala volti a raggiungere i seguenti obiettivi: decarbonizzazione dei velivoli a corto/medio raggio attraverso sistemi di propulsione elettrici/ibridi e digitalizzazione dell'industria aerospaziale, dalla progettazione (digital twin) alla logistica. In particolare, il WP4 <i>Scalable, Safe and Silent next generation aircraft with demonstrator</i> si concentra sullo studio di materiali e tecnologie innovative; sullo sviluppo del design aerodinamico di profili alari ad alta portanza; sull'analisi del layout del gruppo propulsore e sull'uso ottimale di diverse fonti energetiche; sullo sviluppo del modello dinamico di volo, nonché sullo sviluppo di configurazioni modulari per l'integrazione di sistemi di bordo avanzati e sull'analisi di tecnologie abilitanti per la gestione avanzata dei sistemi di bordo.</p>	