

OLYMPIC KITE HYDROFOIL SYSTEM DESIGN

Ing. SIMONE BARTESAGHI, PhD
FLUID4ENGINEERING

INTRODUZIONE

L'evoluzione tecnologica in ambito industriale è all'ordine del giorno e questi cambiamenti portano innovazione e progresso anche in molti altri ambiti; basti pensare al mondo dello sport dove negli ultimi anni sono stati introdotti materiali innovativi e avanzati per gli equipaggiamenti sportivi, sistemi di misura delle prestazioni atletiche sempre più dettagliati.

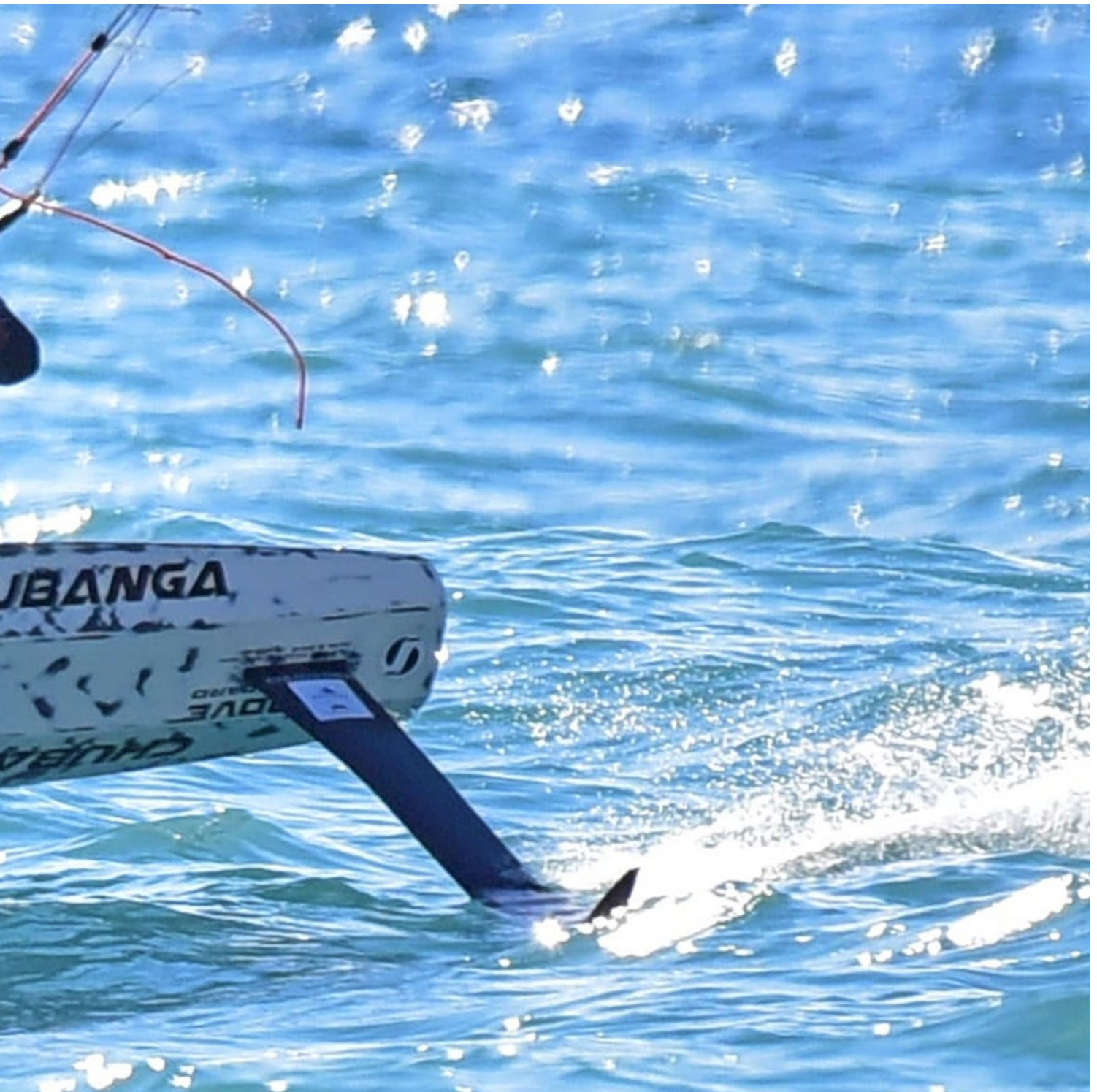
La voglia di innovare in ambito sportivo ha portato allo sviluppo di nuovi prodotti, in molti casi sfruttando anche concetti pionieristici poco sviluppati in passato. Un esempio visibile a tutti è lo sviluppo delle imbarcazioni che partecipano all'America's Cup: nella 35th America's Cup (2017) le imbarcazioni, AC50 – catamarani foiling, erano in grado di volare sull'acqua e compiere il percorso di regata senza che gli scafi toccassero il pelo libero. Lo sviluppo di nuove tecnologie ha permesso di raffinare e migliorare le prestazioni degli *hydrofoil*, concetto non nuovo, ma già proposto nel 1910 da un pioniere del tema: Enrico Forlanini.

Il concetto *hydrofoil* ha così acquisito nuova visibilità portando il mondo velico ad un salto generazionale. Non solo barche... i sistemi *hydrofoil* hanno contaminato anche il mondo del *kite surf*, che grazie a questo concetto ha permesso agli atleti di massimizzare le prestazioni e di volare ad alte velocità anche con poco vento. Nasce così una nuova classe, *kite hydrofoil*, che a partire dal 2024, anno dei Giochi Olimpici di Parigi, sarà presente nel medagliere.

Un sistema *kite hydrofoil* sfrutta gli stessi concetti visti sui catamarani AC50: ali sommerse che generano portanze e permettono di volare



re sull'acqua. Risulta chiaro il potenziale del trasferimento tecnologico, in particolar modo l'utilizzo della Computational Fluid Dynamics – CFD, per la progettazione dell'equipaggiamento; grazie all'accessibilità a metodi e strumenti di simulazione è possibile studiare e raffinare le geometrie dei foil mediante prototipazione virtuale andando a minimizzare la



prototipazione fisica, tipica del mondo “shaper” di questo ambito sportivo. In Figura 1, esempio di *sistema hydrofoil*.

USO DELLA CFD PER I SISTEMI HYDROFOIL

La simulazione numerica è sufficientemente matura per essere applicata a questo genere

di problemi; la CFD è uno degli strumenti di simulazione largamente utilizzata per comprendere il comportamento di un oggetto investito da un fluido. Grazie al trasferimento tecnologico, possiamo sfruttare la CFD per progettare il *sistema hydrofoil*. In un certo senso, per la progettazione e l’analisi delle superfici portanti possiamo utilizzare la teoria

classica applicata alle ali degli aerei. È noto che il flusso che stiamo cercando di studiare è certamente complesso e tridimensionale. Tuttavia, è possibile utilizzare diversi strumenti “intelligenti” che modellano matematicamente le caratteristiche importanti di una superficie portante.

Nella fase di sviluppo ed ottimizzazione è possibile suddividere gli strumenti di simulazione come di seguito:

- *Strumenti low-fidelity: lifting surface method, vortex-lattice method;*
- *Strumenti mid-fidelity: panel method;*
- *Strumenti high-fidelity: finite volume method (RANS, DES, LES).*

Nella spirale di progetto, si utilizzano metodo *low-fidelity* e *mid-fidelity* per spaziare le indagini dei parametri di target su larga scala ed ottenere dei candidati preliminari ottimizzati per le condizioni di esercizio stabilite; successivamente si utilizzano i metodi *high-fidelity* per verificare le prestazioni e per rifinire in dettagli il design preliminare.

Per lo studio e la progettazione dei profili 2D hydrofoil è stato usato uno strumento in-house basato sul metodo a pannelli che ha permesso di testare una grande matrice di variazione di parametri progettuali (spessore profilo, forma del naso, linea di camber,...) e di ottimizzare direttamente la forma imponendo i target di progetto stabiliti. Per l’ottimizzazione diretta sono state utilizzate due funzioni obiettivo:

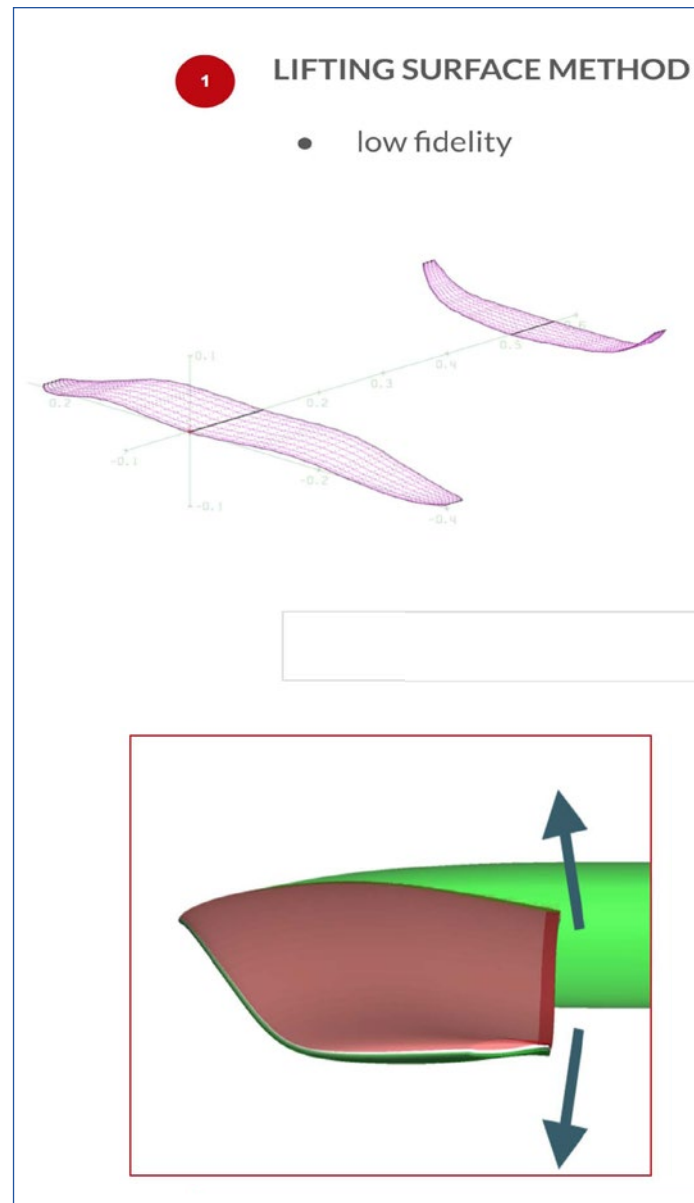
Funzione aggregata di valori di resistenza (drag) calcolati nei target di portanza da minimizzare:

$$F_1 = w_1 CD_{CL_{uw}} + w_2 CD_{CL_{dw}} + w_3 CD_{CL_{tko}} + \dots$$

Funzione di minimo coefficiente di pressione per limitare l’insorgere della cavitazione

$$F_2 = -MinCP_{CL_{target}}$$

La stesso approccio è stato utilizzato per l’ottimizzazione del *planform* di ogni singola ala. Anche in questo una funzione obiettivo legata al *drag* è stata minimizzata utilizzando constraints legati alle caratteristiche strutturali e costruttive.



SIMULAZIONE 3D

Per la fase di ottimizzazione finale e di tuning è stato utilizzato uno strumento *high-fidelity*. Il codice ai volumi finiti open-source OpenFOAM ha permesso di discretizzare il volume di interesse attorno al sistema hydrofoil 3D sviluppato con i metodi precedenti ed è stato utilizzato in congiunzione con DAKOTA per la generazione di superfici di risposta relative all’influenza dei parametri di regolazione degli angoli di incidenza delle superfici portanti. La generazione di un modello surrogato ha permesso di ottimizzare lo spazio di regolazione e successivamente di fare un test finale con RANS 3D per verificare le condizioni ottime di funzionamento. In Figura 2

3 FINITE VOLUME METHOD

- high fidelity

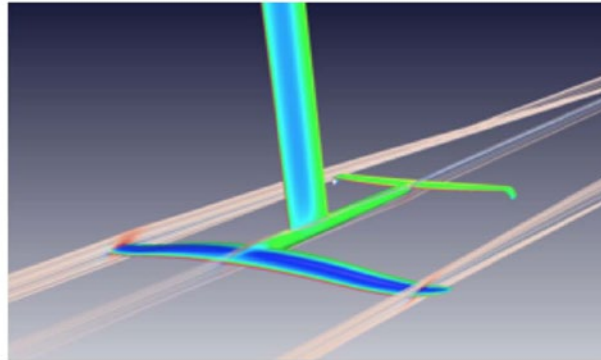
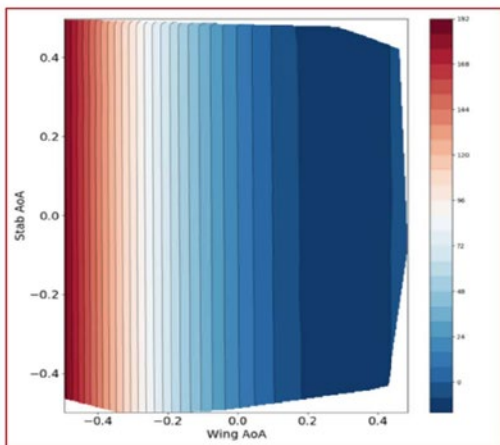


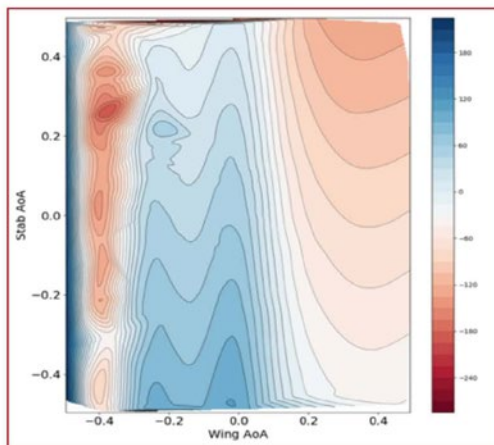
Figura 2: esempio simulazione CFD e modello surrogato.

DOWNWASH and MAIN-STAB INTERACTION

DRAG



LIFT



viene presentato un esempio di tuning de parametri di regolazione con superfici di risposta del modello surrogato creato in DAKOTA.

CASO STUDIO: CHUBANGA V3

Le tecnologie e le metodologie introdotte in precedenza sono state utilizzate per lo sviluppo del sistema hydrofoil CHUBANGA V3, attualmente registrato presso IKA (international Kiteboarding Association), ed eligibile come equipaggiamento olimpico per Parigi 2024. A valle della prototipazione virtuale, dei test in acqua, della produzione e registrazione IKA ufficiale, il sistema hydrofoil CHUBANGA V3 è stato utilizzato da diversi atleti per competere

nei 2020 European Formula Kite in singolo ed in team, nel 2020 Italian Formula Kite Championship, ottenendo vittoria e medaglia d'oro in tutti i campionati ufficiali.

- Axel Mazella (FRA) – singolo europeo e singolo francese
- Connor Bainbridge (UK) – team europeo
- Mario Calbucci (ITA) – singolo italiano

TEAM DI SVILUPPO

Simone Bartesaghi,
FLUID4ENGINEERING, consultant
Charles Dhainaut
FLUID4ENGINEERING, consultant
Luca Filippi, CHUBANGA V3, owner