

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

***Relazione per la prova finale
«La fluidodinamica del nuoto»***

Tutor universitario: Prof. Francesco Picano

Laureanda: *Sara Casetto*

Padova, 24/09/2024

- Introduzione ed obiettivi del lavoro
- Forze agenti sul corpo del nuotatore
- La resistenza idrodinamica
- L'effetto scia
- Metodi per ridurre la resistenza
- La propulsione
- Effetti della superficie della mano
- La battuta di gambe
- Analisi fluidodinamica
- Applicazioni pratiche: miglioramento delle prestazioni
- Conclusioni
- Bibliografia e sitografia

- Il nuoto è uno sport arcaico, ma nasce nella sua forma moderna agli albori del 1800.
- Nel 1896 entra a far parte delle principali discipline delle Olimpiadi moderne.
- 🎯 Nasce così, l'esigenza di comprendere l'andamento fluidodinamico della nuotata

Per adattare agli allenamenti le considerazioni scientifiche basate sui dati fluidodinamici, si è fatto appello a fisici ed ingegneri, i quali si sono posti due principali obiettivi:

1. Minimizzazione della resistenza
2. Massimizzazione della spinta

Questo elaborato affronterà le strategie e i metodi necessari al raggiungimento di questi.



Figura 1-Piscina delle Olimpiadi del 1896

Le modalità con cui l'acqua scorre e si deforma attorno al corpo del nuotatore influenza anche le forze che in esso agiscono.

FLUSSO LAMINARE

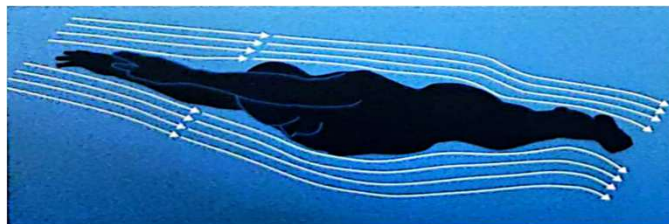


Figura 2A-Flusso laminare

FLUSSO TURBOLENTO



Figura 2B- Flusso turbolento

Le forze che agiscono sul nuotatore sono di due tipi:

- **Forze resistive (R)**
- **Forze propulsive (P)**

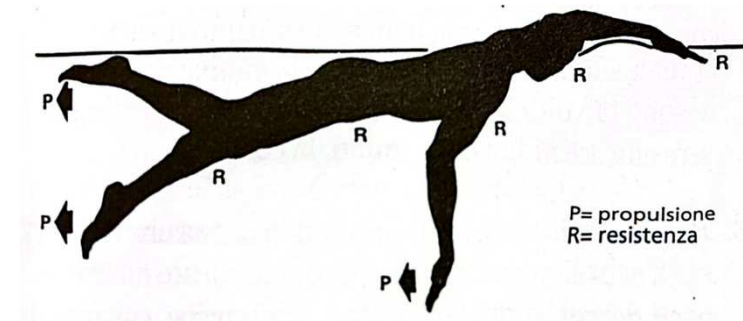


Figura 3-Forze agenti sul corpo del nuotatore

Un corpo, che si muove in un fluido dotato di una certa compressibilità e una certa viscosità, deve sempre vincere una **resistenza (drag)**.

Le forze di drag sono **negative**.



- Sono rappresentate da:
- Attrito della pelle
 - Pressione di trascinamento
 - Resistenza d'onda

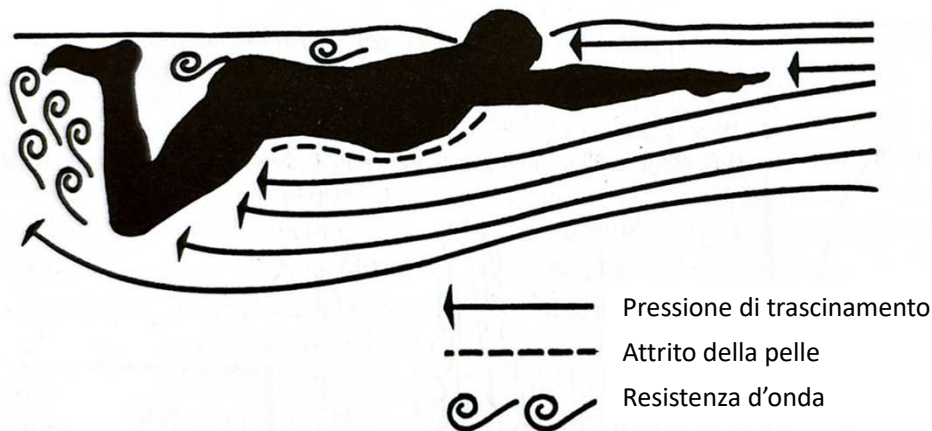


Figura 4- Le forze di Drag che agiscono sul corpo del nuotatore

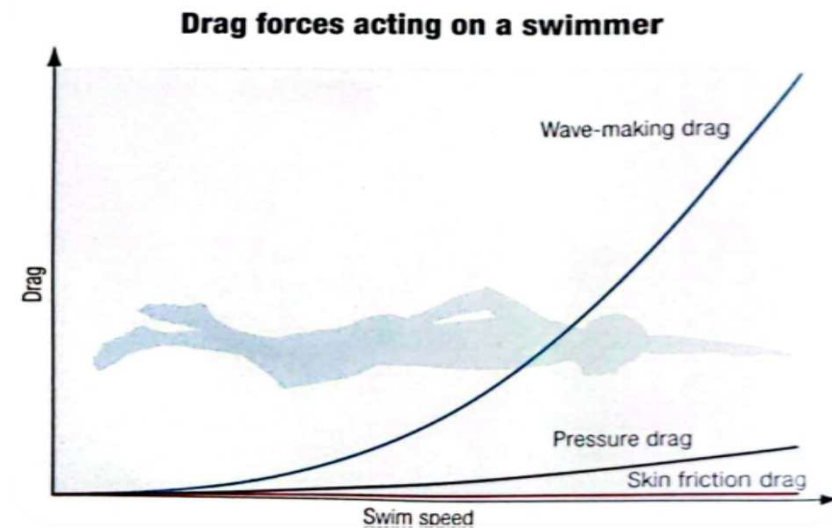


Figura 5- Le forze di Drag che agiscono sul corpo del nuotatore in funzione della velocità

Un nuotatore, avanzando, trascina dietro di sé una certa quantità di acqua che si muove alla sua stessa velocità

Non avendo un'ottima **idrodinamicità**, crea un'ampia **regione di scia** che favorisce l'inseguitore.

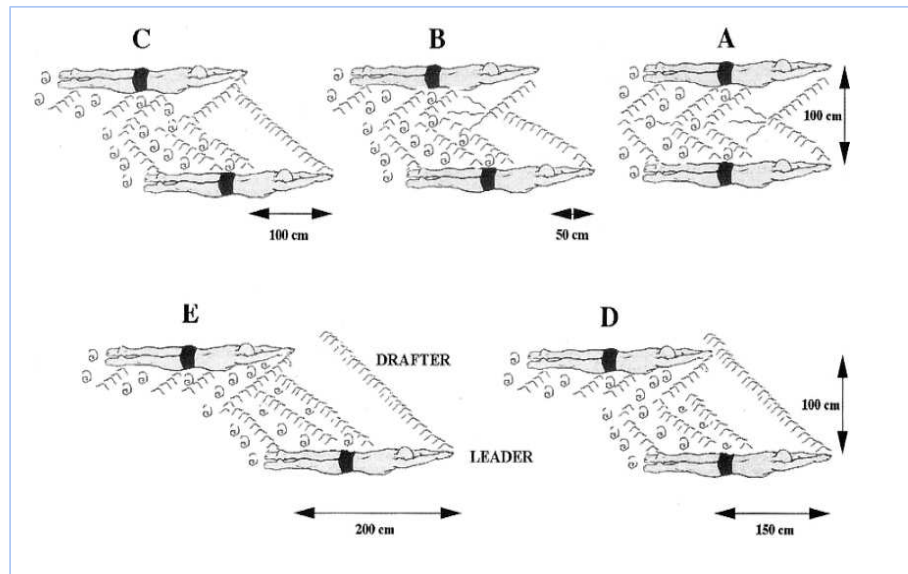


Figura 5- Side drafting

Vantaggi:

- Riduzione della pressione nella zona di scia (effetto risucchio)
- Riduzione della resistenza da fronteggiare
- Minor dispendio energetico da parte dell' inseguitore

Svantaggi (a ridotte distanze):

- Bassa visibilità
- Alta turbolenza

Ridurre la resistenza è uno degli obiettivi principale al fine di migliorare le prestazioni.

 **Metodi pratici:**

- Affinamento della tecnica
- Giusta posizione del corpo



 **Accorgimenti:**

- Utilizzo di costumi fast-skin
- Depilazione di gambe e braccia

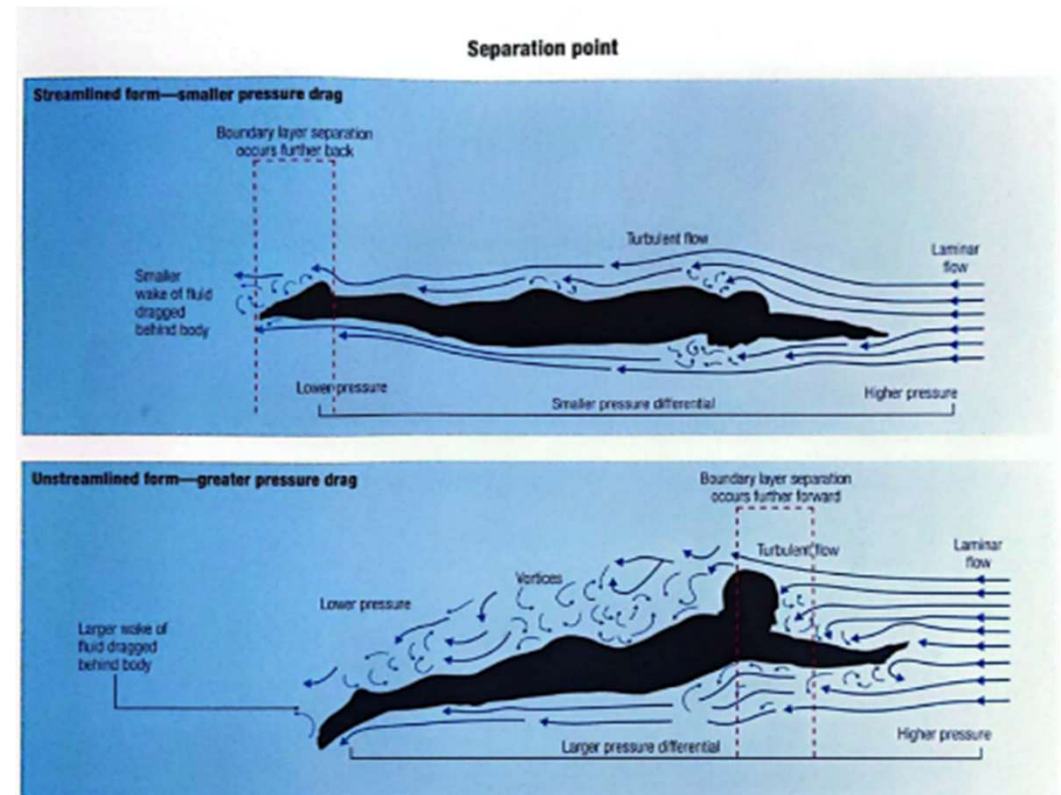


Figura 6A- Posizione del corpo corretta (in alto)
Figura 6B – Posizione del corpo errata (in basso)

⇒ Le forze propulsive sono le forze che generano la **spinta**.

Sono forze **positive**, generate in particolare da:

- Movimento degli arti superiori (**bracciata**)
- Propulsione degli arti inferiori (**gambata**)

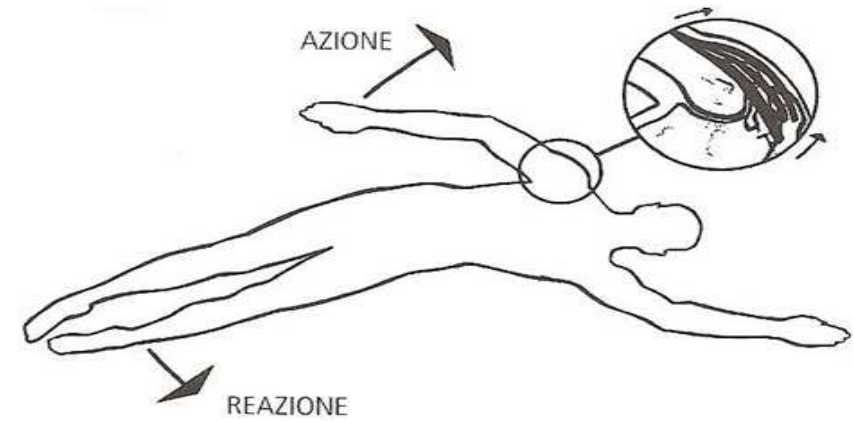


Figura 7- Principio di azione e reazione



Figura 8- inizio della fase di spinta

⇒ Il meccanismo di spinta, avviene attraverso:

1. **RESISTENZE PROPULSIVE**
2. **FORZE DI PORTANZA**
3. **VORTICI A GETTO**

- La mano è paragonabile ad un **profilo idrodinamico**
- Eseguito una traiettoria trasversale (con un angolo di attacco adeguato) l'acqua nella parte superiore scorre più velocemente rispetto a quella nella parte inferiore
- 🎯 Questo crea un differenziale di pressione che si traduce in una forza di sollevamento detta portanza



Per massimizzare la propulsione:

- Gomito piegato di circa 90°
- Mano distesa e non conca
- Angolo di attacco di circa $30-40^\circ$
- Traiettoria elicoidale nella fase subacquea

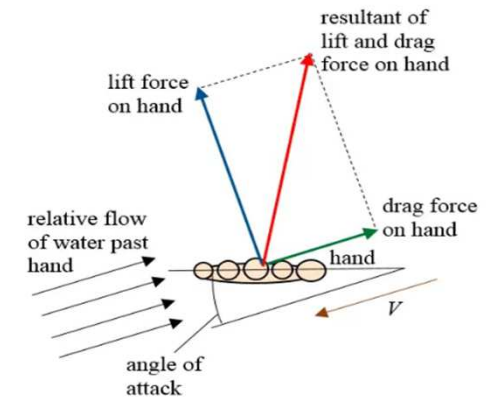


Figura 9- Profilo idrodinamico



Figura 10- Posizione corretta gomito e mano

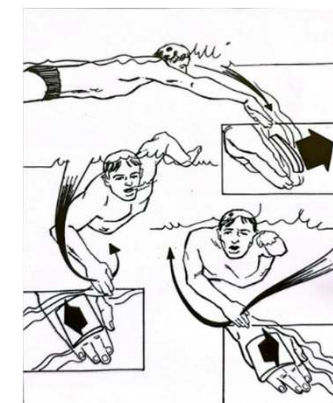


Figura 11- Inclinazione della mano durante la bracciata

- L'azione della battuta di gambe è più **stabilizzatrice**
- Mantiene il corpo in equilibrio e contrasta la tendenza dei piedi di affondare
- È responsabile solo per il 10/15% della velocità totale, a causa della scarsa mobilità dell'articolazione



Figura 12- Down-beat



Figura 13- Apparecchiatura ApLap

- Studi hanno dimostrato che con l' **umentare** della velocità **cala** il contributo propulsivo delle gambe

Per massimizzare la propulsione:

- Potenziamento muscolare (per gli sprinter)
- Elevata mobilità dell'articolazione della caviglia

I quattro stili principali del nuoto competitivo sono il crawl, il dorso, la rana e la farfalla. Da qualche tempo è stata definita la fase di propulsione subacquea come **quinto stile**.

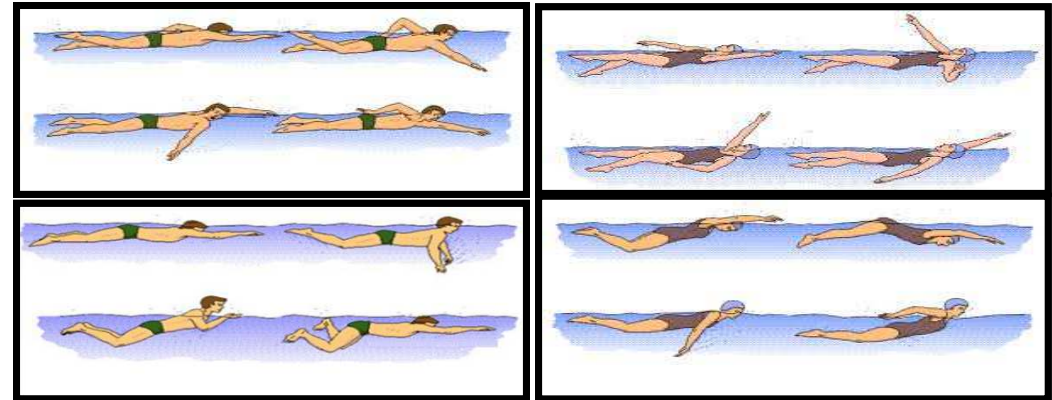


Figura 14- i quattro stili

 Esempio pratico: analisi fluidodinamica del quinto stile

- ✓ **Resistenza:** ridotta, cruciale la posizione del corpo
- ✓ **Propulsione:** basata sul Dolphin Kick, sfrutta le oscillazioni per generare la spinta
- ✓ **Effetto Coandă:** il fluido tende a "seguire" la superficie del corpo
- ✓ **Efficienza energetica:** massima coordinazione, minimizzazione delle turbolenze create dalle gambe e dal corpo durante la fase di battuta.



Figura 15- il quinto stile

La conoscenza della **fluidodinamica** è la chiave per il miglioramento delle prestazioni.
Esistono degli strumenti pratici e delle tecniche utili agli atleti e ai loro tecnici per migliorare le performance:

- ① Utilizzo delle tecniche di simulazione numerica (CFD)

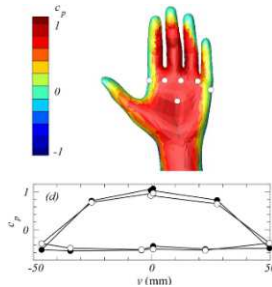


Figura 16- CFD sulla mano di un nuotatore

- ② Allenamenti basati su dati fluidodinamici



Figura 17 Sensore per analizzare velocità bracciata

- ③ Progettazione di piscine e attrezzature per le gare





Figura 18- Blocco di partenza

- ④ Costumi da competizione



Figura 19- Costume da competizione

La comprensione approfondita della **fluidodinamica** contribuisce:

-  Al progresso scientifico nell'ambito della biomeccanica
-  All'innovazione delle applicazioni pratiche volte al miglioramento delle performance



L'evoluzione tecnologica e la collaborazione interdisciplinare rappresentano la chiave per sviluppare soluzioni innovative e affrontare le sfide future in questo campo.

- [1] G. Graziani, "Aerodinamica", Università La Sapienza, 2018.
- [2] G. John Mullen, "Swimming science", The University of Chicago Press, 2018.
- [3] J. Counsilman, B.E. Counsilman, "La nuova scienza del nuoto", Zanichelli, 2005.
- [4] F.Prandi, L.Prandi,S.Grillo,S.Serravalle, "50 racconti sul nuoto", nuotostiledivita, 2020.
- [5] Federazione italiana nuoto settore istruzione tecnica, "Dispense corsi", FIN 2014.
- [6] Toussaint, H.M., et al. "Biomechanics of swimming: Fluid mechanics and efficiency

<https://engineering.icalculator.com/hull-speed-calculator.html>.

https://www.cibo360.it/sport/quale/fisica_nuoto.htm.

<https://blog.arenaswim.com/it/allenamento-e-tecnica/scienza-e-nuoto-le-gambe-stile-libero-queste-sconosciute/>.

<https://swimswam.com/evoluzione-dei-costumi-da-gara-come-sono-cambiati-in-100-anni/>.

Figura 1: <https://nuotounostiledivita.it/tag/atene-1896/>

Figure 2A-2B-5-6A-6B: G. John Mullen, "Swimming science", The University of Chicago Press, 2018.

Figure 3-4-7-11: J. Counsilman, B.E. Counsilman, "La nuova scienza del nuoto", Zanichelli, 2005.

Figura 5: <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/3204e6bdb56a2fd0a427d2071021a901756040e2/3-Figure2-1.png> .

Figura 8: <https://swimswam.com/come-sfruttare-la-legge-di-inerzia-per-mantenere-la-velocita-costante/>.

Figura 9: <https://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-swimming.html>.

Figura 10: <https://nuotounostiledivita.it/nuoto-tecnica/stile-libero-posizione-testa/>.

Figura 12: <https://www.nuotomania.it/gambe-stile-libero.html>.

Figura 13: <https://www.aplab.it/it/progetti/ben-hur.html>.

Figura 14: <https://scuole.portaleragazzi.it/anno-scolastico-2011-2012/2012/05/10/nuotare-con-stile/>.

Figura 15: <https://www.nuotomania.it/subacquea-nuoto.html>.

Figura 16: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00348-021-03333-1>

Figura 17: <https://www.tri60.it/wp-content/uploads/2020/10/SmartPaddle-Tri60-6-300x300.jpeg>

Figura 18: <https://www.swim4lifemagazine.it/2014/03/21/ad-aprile-debutta-il-nuovo-blocco-di-partenza-omega-per-dorso/>.

Figura 19: <https://www.nuotostore.com/competizione/1269-9373--carbon-core-fx-ob-woman-arena.html>.