

## CARATTERISTICHE DELLA TURBOLENZA DI SCIA DEGLI AEROMOBILI

*La turbolenza di scia, o vortice di scia, è il fenomeno che si crea per effetto delle masse d'aria rotanti esistenti dietro le estremità alari di ogni aeromobile in volo. Essa rappresenta un pericolo invisibile ed estremamente serio per gli aeromobili che entrano in questa massa vorticoso specialmente durante le fasi di decollo e atterraggio. Il pericolo è maggiore quando la scia viene generata da aeromobili di grandi dimensioni.*

*I pericoli associati alla turbolenza di scia hanno sollecitato l'emanazione di norme particolari che prescrivono agli Enti ATC, in specifiche circostanze, l'aumento della minima separazione, nonché l'applicazione di procedure speciali.*

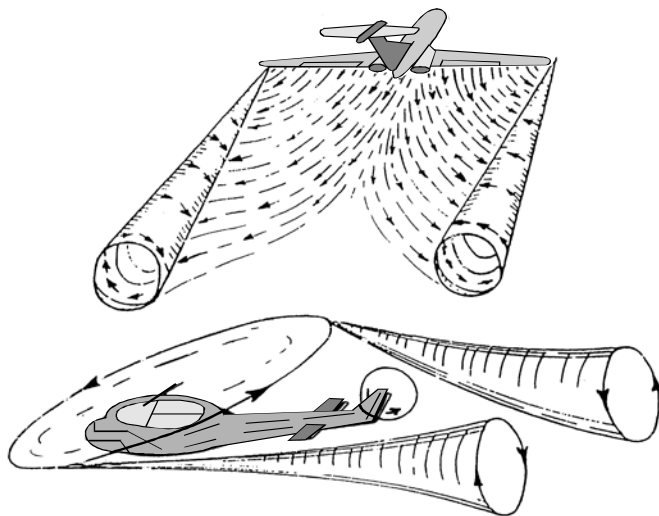
*L'ICAO, oltre a prescrivere norme comportamentali per gli Enti ATS e l'applicazione di separazioni specifiche agli aeromobili in materia, ha studiato e pubblicato nel Documento 9426, Parte II Sez. 5, le caratteristiche che contraddistinguono la turbolenza di scia degli aeromobili.*

o o o

Ogni aeromobile in volo genera una coppia di vortici controrotanti che hanno origine dalle estremità alari per gli aeroplani e dal bordo dei rotori per gli elicotteri.

Il diametro dei vortici generati da un aeroplano è più o meno uguale alla apertura alare; per analogia si può assumere che quello dei vortici generati da un elicottero sia uguale al diametro del rotore.

Per un osservatore in coda all'aeromobile, il senso di rotazione dei vortici è orario per quello di sinistra antiorario per quello di destra (Fig. 1).

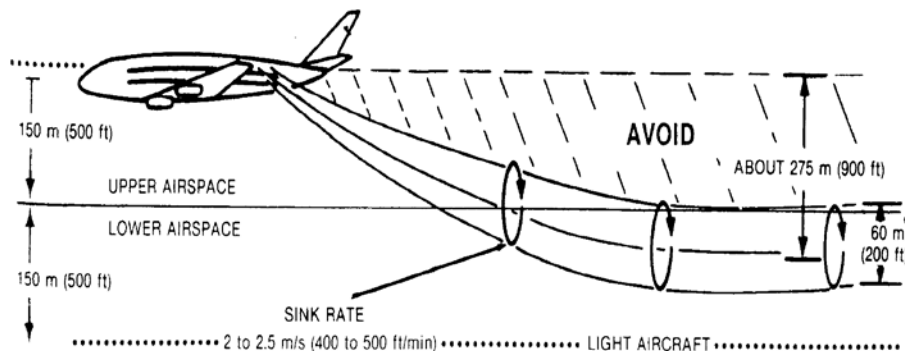


*Fig. 1 - Vortici controrotanti che si generano dietro le estremità alari degli aeromobili e del bordo dei rotori degli elicotteri*

I vortici di scia vengono generati solo quando le ali dell'aeroplano o i rotori degli elicotteri producono portanza. In particolare:

- a) per un aeroplano essi iniziano in decollo con la rotazione e cessano in atterraggio al contatto con la pista;
- b) per un elicottero essi sono generati in volo traslato ed in rullaggio non in contatto del suolo, mentre in volo stazionario (*hovering*) l'azione dei rotori sull'aria provoca una intensa turbolenza di tipo vorticoso.

La scia vorticoso si sposta verso il basso con rateo di circa 2-2,5 metri al secondo (400-500 ft al minuto) e si stabilizza ad una quota di circa 900 ft al di sotto di quella di volo dell'aeromobile che l'ha generata (*Fig. 2*). Perciò una separazione verticale di 1.000 ft può essere considerata sicura.



*Fig. 2 - La scia vorticoso generata dalle ali di un aeromobile si sposta verso il basso fino a stabilizzarsi a circa 900 ft al di sotto dell'aeromobile*

L'intensità dei vortici di scia aumenta con l'aumentare del peso dell'aeromobile ed al diminuire della velocità di volo.

A pari velocità, i vortici sono più intensi quando l'aeromobile è in configurazione pulita.

Vi sono prove che, a parità di peso gli elicotteri producono vortici più intensi di quelli prodotti dagli aeromobili ad ala fissa.

In presenza di vento, i vortici sono più intensi quando l'aeromobile è in configurazione pulita; tendono a restare attivi più a lungo quanto più debole è l'intensità del vento e si spostano con esso.

I vortici che scendono dietro un aereo in decollo o in atterraggio, una volta giunti verso i 200 piedi di altezza, cominciano a muoversi lateralmente allontanandosi dalla pista a una velocità di circa 3 nodi (*Fig. 3*).

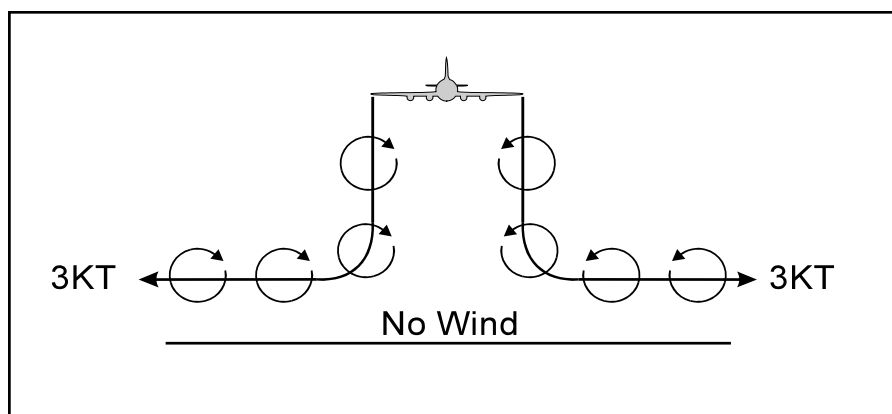


Fig. 3 - Comportamento dei vortici in prossimità del suolo in assenza di vento

In presenza di un leggero vento al traverso, il vortice che si muove controvento viene spinto a stazionare sulla pista, mentre il vortice che si muove in favore di vento se ne allontana a velocità maggiore (Fig. 4).

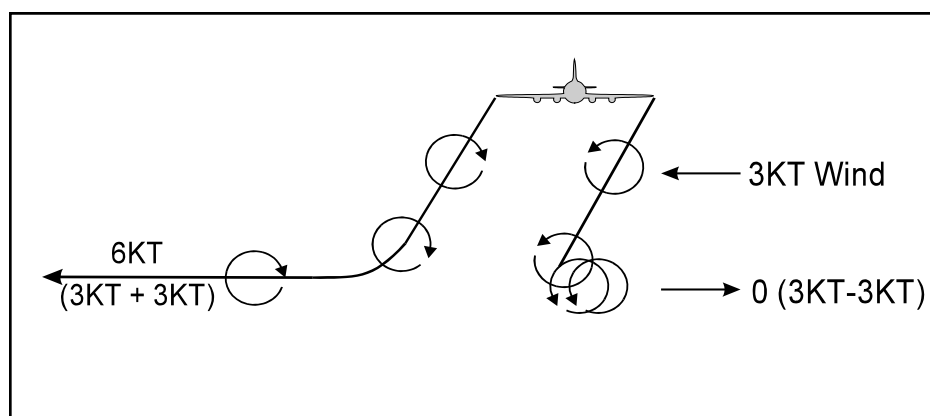


Fig. 4 - Comportamento dei vortici in prossimità del suolo con vento trasversale di 3 nodi

Il vento al traverso altera la velocità di spostamento laterale dei vortici, incrementando quella del vortice sottovento e riducendo quella del vortice sopravvento di un valore pari all'intensità del vento.

Della traslazione dei vortici al suolo, specialmente in presenza di vento, devono tener conto i piloti che operano su piste vicine a quella su cui sta operando o ha da poco operato un aereo pesante.

Sebbene il fenomeno della turbolenza di scia di un aeromobile sia noto sin dall'inizio del volo a motore, è stato solo con l'introduzione dei grandi turbojet a fusoliera larga (wide-body) che esso ha iniziato ad assumere un certo rilievo. Oggi costituisce uno dei maggiori problemi per piloti, controllori del traffico aereo ed operatori d'aeroporto.

La turbolenza di scia che viene generata dai grandi aeromobili jet è la più pericolosa per gli aeromobili che seguono, specialmente durante le fasi di decollo, salita iniziale, avvicinamento finale ed atterraggio.

Quando gli aeromobili che incontrano inavvertitamente questi vortici sono leggeri, il rischio è gravissimo.

Un aeromobile in scia può essere soggetto ad un rollio indotto di tale intensità da oltrepassare la sua capacità di controllo laterale (Fig. 5) oppure può essere soggetto ad una perdita critica di quota o del rateo di salita e conseguentemente è sottoposto a sforzi che potrebbero arrecare significativi danni alla sua struttura.

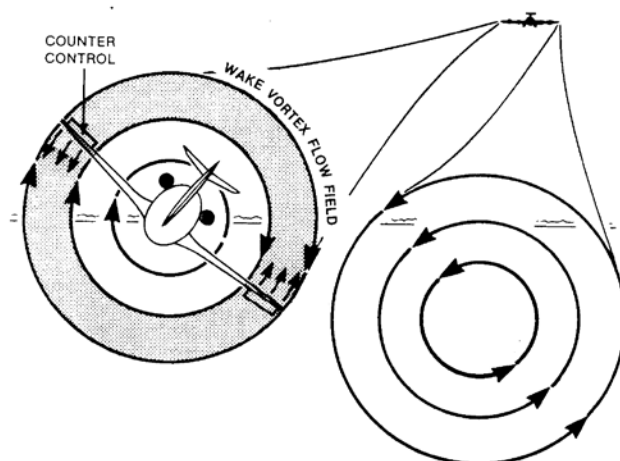


Fig. 5 - Un aeromobile in scia può essere soggetto ad un rollio indotto, che spesso supera la capacità di reazione degli alettoni

### **CATEGORIE DEGLI AEROMOBILI PER TURBOLENZA DI SCIA**

Gli studi effettuati dall'ICAO sul comportamento di un aeromobile in scia hanno portato alla classificazione degli aeromobili in tre categorie in base al loro peso massimo certificato al decollo. Gli studi successivi sull'Airbus A 380 hanno dimostrato la necessità dell'aggiunta di una ulteriore categoria, per cui oggi gli aeromobili sono classificati in quattro categorie, come riportato nella Tabella sottostante. Tre categorie sono basate sul peso massimo certificato al decollo degli aeromobili ed una, la categoria "Super", è attualmente specifica per l'aeromobile *Airbus A380-800*.

L'*Airbus A380-800* (A388), il cui peso massimo al decollo è dell'ordine di 560 000 kg, dovrebbe far parte della categoria di turbolenza di scia "Heavy", ma genera vortici di scia di maggiore intensità rispetto a quella degli aeromobili di pari categoria, ed è pertanto classificato a parte nella categoria "Super". Tale categoria prevede separazioni per turbolenza di scia superiori a quelle degli aeromobili "Heavy".

Inoltre è stato stabilito che l'aeromobile *Boeing 757* (B 757), pur appartenendo alla categoria "Medium", a causa della propria particolare conformazione aerodinamica, genera vortici di scia di maggiore intensità rispetto a quella degli aeromobili di pari categoria, ed è pertanto da considerarsi "Heavy" nei confronti degli aeromobili che seguono e "Medium" nei confronti di quelli che precedono.

CATEGORIA AEROMOBILE	PESO MASSIMO CERTIFICATO AL DECOLLO/TIPO DELL'A/M
SUPER (J)	Airbus A380/800 (A388)
PESANTE - HEAVY (H)	Aeromobili di peso uguale o superiore a 136.000 kg
MEDIA - MEDIUM (M)	Aeromobili di peso inferiore a 136.000 kg ma superiore a 7.000 kg
LEGGERA - LIGHT (L)	Aeromobili di peso uguale o inferiore a 7.000 kg

*Categorie degli aeromobili per turbolenza di scia*

**Nota:** È previsto che l'aeromobile A380 (classificato nella categoria Super) inserisca la lettera "J" nella casella destinata alla turbolenza di scia, nel campo 9 del piano di volo.

L'intensità dei vortici dipende dal peso, dalla velocità e dalla forma delle ali dell'aeromobile generatore di scia, ma il fattore principale è il peso. Più l'aeromobile è pesante e "pulito" (assenza di flaps o altre configurazioni alari) più intensa e pericolosa sarà la sua scia.

Gli elicotteri dovrebbero essere tenuti ben distanti dagli aeromobili "Light" quando effettuano rullaggio in aria (*air taxiing*) o operano in volo stazionario (*hovering*).

Gli elicotteri, quando in volo, generano vortici ed è provato che, per kilogrammo di peso lordo, i loro vortici sono più intensi di quelli degli aeromobili ad ala fissa.

Di seguito vengono elencate le categorie di alcuni fra i più comuni tipi di aeromobile:

- **H:** Airbus 300/310/340/380, Boeing 707/747/767/777, C141, DC8, DC10, L1011, IL76, IL86, MD11;
- **M:** Airbus 320, Atlantic, ATR42, ATR72, BA146, Boeing 727/737/757, FA10, FA20, FA50, F900, G 222, MD 80, MD 90, P808, IL 62, Tornado, TU 154, YAK 42;
- **L:** Bonanza 35 e 36, Baron 55, Cessna 170/172/180/182/210/310/340/402/414/421; Cessna 500/501/550, King Air 100/200/300, Super King Air, P166, Piper 23/24/28/30/31/32/34/42/44/46, etc.

**Comportamento di controllori e piloti** - Poiché la presenza e localizzazione della turbolenza di scia non possono essere determinate con precisione, i controllori del traffico aereo ed i piloti dovrebbero essere addestrati a riconoscere immediatamente le probabili situazioni in cui possono incontrarsi vortici di scia.

Essi dovrebbero essere ben consapevoli che queste masse d'aria rotanti sono invisibili e che tendono a persistere sulla pista per un considerevole periodo di tempo dopo che l'aereo che le ha generate è passato.

I piloti, inoltre, dovrebbero stare particolarmente in guardia quando un aereo di grandi dimensioni si trova sopravvento nei confronti del loro sentiero di avvicinamento o di decollo.

I controllori, infine, non dovrebbero approvare procedure di corsa continua per il decollo di un aeromobile di categoria pesante se il getto di scarico dei suoi motori può costituire rischio per un altro aeromobile o un veicolo che segua o per le luci delle vie di rullaggio.