

## TURBOLENZA DI SCIA

Generalità (Rif. DOC 9426, Parte II Sez. 5  
e Airman's Information Manual, FAA)

### INTRODUZIONE

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.

### CARATTERISTICHE DELLA TURBOLENZA DI SCIA

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 circa uguale alla apertura alare; per analogia si può assumere che quello dei vortici generati da un elicottero sia circa 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 (vedi Fig.1).

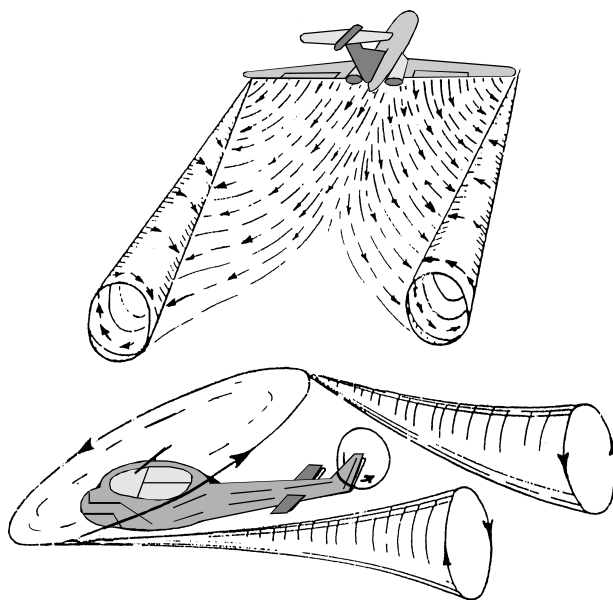


Fig. 1 - Vortici controrotanti che si generano dietro le estremità alari degli aeromobili e del bordo dei rotori degli elicotteri

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 vorticososa 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.

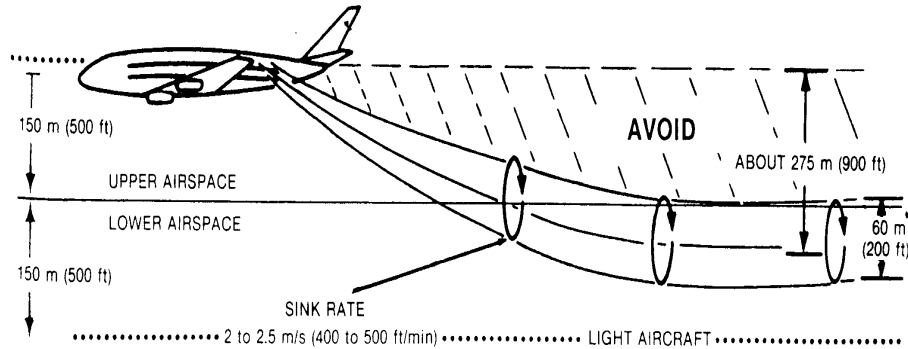


Fig. 2 - La scia vorticososa generata dalle ali di un aeromobile si sposta verso il basso fino a stabilizzarsi a circa 900 ft al di sotto dell'aeromobile

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).

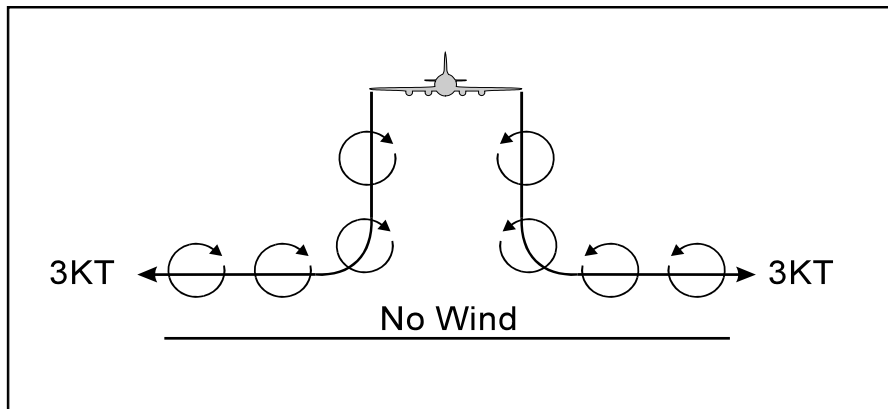


Fig. 3 - Comportamento dei vortici in prossimità del suolo in assenza di vento

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).

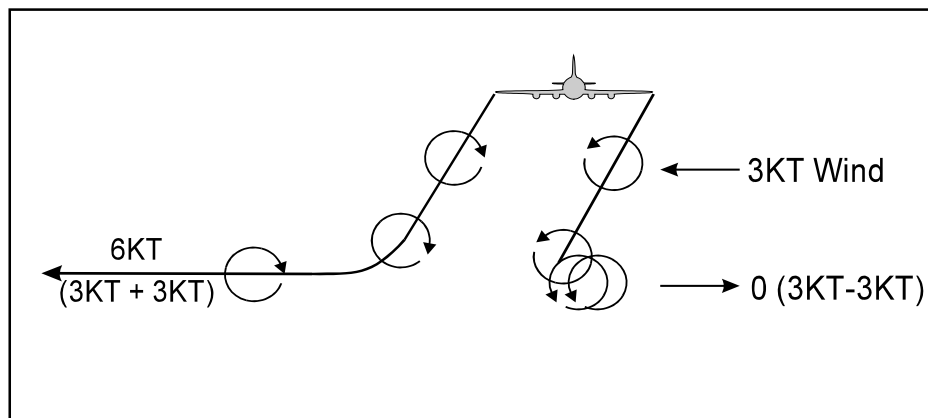


Fig. 4 - Comportamento dei vortici in prossimità del suolo con vento trasversale di 3 nodi

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'aerodromo.

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.

Se 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 eccedere 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.

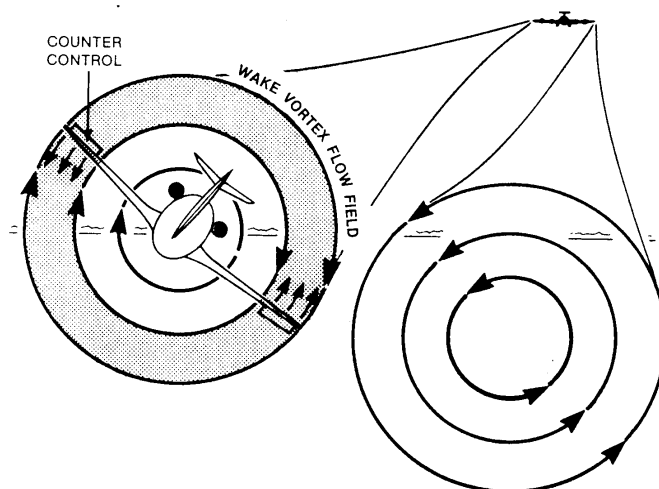


Fig. 5 - Un aeromobile in scia può essere soggetto ad un rollio indotto, che spesso supera la capacità di reazione degli alettoni

#### CLASSIFICAZIONE DEGLI AEROMOBILI IN BASE AL PESO

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. Le separazioni minime da applicare agli aeromobili che seguono altri aeromobili più pesanti e le procedure prescritte per turbolenza di scia (*vedi testo*) sono fondate su tali tre categorie, riportate di seguito:

CATEGORIA DELL'AEROMOBILE	PESO MASSIMO CERTIFICATO AL DECOLLO
HEAVY (H)	136.000 kg o più
MEDIUM (M)	Meno di 136.000 kg ma più di 7.000 kg
LIGHT (L)	7.000 kg o meno

Ma con l'entrata in servizio dell'aeromobile **Airbus A380-800** (conosciuto come A380, indicativo ICAO **A388**), massa massima al decollo dell'ordine di 560 000 kg, è stato necessario stabilire nuove norme in materia di separazione per turbolenza di scia, considerando che tale aeromobile genera vortici di scia di intensità maggiore rispetto a tutti gli altri aeromobili di categoria H.

Sulla base delle prescrizioni ICAO, perciò gli aeromobili sono stati riclassificati in 4 categorie, tre delle quali (come detto sopra) in base alla massa massima certificata al decollo ed una, la categoria "Super", in base al particolare tipo di aeromobile.

## **ATTUALI CATEGORIE AEROMOBILI**

<b>CATEGORIA AEROMOBILE</b>	<b>MASSA MASSIMA CERTIFICATA AL DECOLLO/TIPO A/M</b>
<b>SUPER (J)</b>	<b>A380</b>
<b>HEAVY (H)</b>	<b>136 000 kg o più</b>
<b>MEDIUM (M)</b>	<b>Meno di 136 000 kg ma più di 7 000 kg</b>
<b>LIGHT (L)</b>	<b>7 000 kg o meno</b>

*E' previsto che gli aeromobili A380 inseriscano la lettera "J" nella casella destinata alla turbolenza di scia, nel campo 9 del piano di volo ICAO.*

Di seguito è riportata la minima separazione radar che deve essere applicata tra aeromobili al fine di evitare gli effetti della turbolenza da scia.

### **MINIMA SEPARAZIONE RADAR PER TURBOLENZA DI SCIA**

Le seguenti minime separazioni radar devono essere applicate al fine di evitare gli effetti della turbolenza da scia:

<b>AEROMOBILE CHE PRECEDE</b>	<b>AEROMOBILE CHE SEGUE</b>	<b>MINIMA SEPARAZIONE RADAR</b>
<b>SUPER/HEAVY/B 757</b>	<b>SUPER</b>	<b>4 NM</b>
<b>HEAVY/B 757</b>	<b>HEAVY</b>	<b>4 NM</b>
<b>HEAVY/B 757</b>	<b>MEDIUM</b>	<b>5 NM</b>
<b>MEDIUM</b>	<b>LIGHT</b>	<b>5 NM</b>
<b>SUPER</b>	<b>HEAVY</b>	<b>6 NM</b>
<b>HEAVY/B 757</b>	<b>LIGHT</b>	<b>6 NM</b>
<b>SUPER</b>	<b>MEDIUM/B 757</b>	<b>7 NM</b>
<b>SUPER</b>	<b>LIGHT</b>	<b>8 NM</b>

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).

**Nota:** *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\*, B 747, B 767, B 707-300/400, C 141 DC 8, DC 10, L 1011, IL 76, IL 86, MD 11;
- **M:** Airbus 320, Atlantic, ATR 42, ATR 72, BA 146, B 727, B 737, B 757, Falcon 10/20/50/90, G 222, MD 80, MD 90, 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 (Citation), King Air 100/200/300, Super King Air, P 166, Piper 23/24/28/30/31/32/34/42/44/46, etc...

\* *L'Airbus A380 presso alcuni Stati è considerata Heavy, ma quando precede vengono applicate sempre separazioni maggiori, così come stabilito dall'ICAO.*

#### **CATEGORIA DI TURBOLENZA DI SCIA DEL B 757**

L'ICAO classifica il Boeing 757 come aeromobile di categoria "Medium". Dato che questo tipo di aeromobile, per le sue peculiari caratteristiche aerodinamiche, risulta causare una turbolenza di scia equivalente a quella di aeromobili di categoria superiore, le norme che disciplinano la separazione per turbolenza di scia del B 757 in Italia (così come in altri Stati) sono state modificate in modo da considerare tale aeromobile di categoria "HEAVY" quando precede un aeromobile in arrivo o in partenza e di categoria "MEDIUM" quando segue un aeromobile in arrivo o in partenza.

#### **COMPORTAMENTO OPERATIVO**

Poiché la turbolenza di scia non può essere vista, la sua presenza e localizzazione non può essere determinata 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 segue.