

Traduzione dell'articolo "DOTS & CURVES" di ED KOLANO, tratto dalla rivista Sport Aviation di marzo 2000

"Analizzando i dati di prova dell'autonomia chilometrica e oraria".

ANALISI DEI DATI DELLE PROVE DI AUTONOMIA

SOMMARIO

Ancora un articolo della una serie dedicata alle prove in volo. Questo mese spiega con abbondante e chiaro dettaglio come elaborare i dati rilevati dalle prove in volo e presentarli per un uso facile e veloce. Così come procedere a realizzare un'opportuna famiglia di curve delle prestazioni di crociera del vostro velivolo. Conclude suggerendo una manutenzione anche per le curve.

Nell'articolo di febbraio, abbiamo descritto le tecniche delle prove di prestazione in volo livellato, esplorato i due rami della curva e le procedure di autonomia oraria, abbiamo fatto alcuni accenni per aiutare a ottenere dei risultati coerenti. Uno di questi riguardava la stabilizzazione dei punti vi permette di raccogliere i dati necessari per ottenere la mappa delle autonomie del vostro velivolo, per le velocità che vanno dalla prossimità allo stallo alla massima in volo livellato. Con questi dati in vostro possesso, ora, possiamo convertirli in modo da essere utilizzabili per la pianificazione del volo.

Come esempio, useremo dei dati ipotetici che voi, come piloti di prova, raccogliete usando le tecniche descritte il mese scorso per una sola quota e per un certo peso del velivolo. Avete volato a 5000 ft h_p (quota pressione, cioè con l'altimetro regolato su 29,92 psi). Desiderando disporre di dati più accurati possibili, avete limitato il volo a questo solo scopo e non avete speso tempo a bucare il cielo.

Tra altri fattori, la prestazione in volo livellato dipende dal peso del velivolo, per cui voi volete conoscere il peso medio del velivolo durante la prova. Più avanti, eseguirete la stessa prova a pesi differenti, per costruire diagrammi/tabelle più accurati per la pianificazione del volo a tutti i pesi autorizzati.

Il calcolo del peso del velivolo in prova, inizia con la conoscenza del peso lordo prima dell'avviamento del motore. Dopo siete saliti a bordo il velivolo, col pieno di carburante, pesa 1550 lb. Dopo il volo prova, rifornite allo stesso livello (tutto pieno) e la pompa vi dice che avete bruciato 12 gal di benzina. Un gallone di benzina pesa 6 lb, così il velivolo era più leggero di 72 lb, quando siete atterrati, cioè 1478 lb (1550-72).

Potete stimare che il motore abbia bruciato 2,5 gal (15 lb) per avviamento, rullaggio, decollo, salita a 5000 ft, e 1 gal (6 lb) per discesa, atterraggio, rullaggio fino alla pompa. All'inizio della prova il velivolo pesava 1550-15=1535 lb. Al termine dell'ultimo rilievo il velivolo pesava 1484 lb (1478+6, peso del velivolo alla pompa per il rifornimento più il combustibile necessario per il rientro all'aeroporto).

Assumendo che abbiate speso più tempo per le prove a basso consumo di quello speso a potenza elevata, potete calcolare un peso medio di prova. Sommate i pesi del velivolo, all'inizio della prova e alla fine, dividete per due $[(1535 + 1478) / 2 = 1506,5 \text{ lb}]$. Bene, 1500 lb sono abbastanza ragionevoli.

Ora, dovete determinare la quota densità media (h_d) durante la prova. Ricordate, la quota densità è importante per il motore. La quota pressione e la temperatura esterna (OAT) determinano la quota densità; registrate la OAT per ogni punto ed essa non cambia durante la prova. Sia -5°C a 5000 ft h_p . Inserite questi valori nel vostro computer di bordo e ottenete una quota densità di 3750 ft. Poiché riempirete alcune tabelle nel corso delle prove, intestate ogni carta con peso di prova, quota densità, configurazione del velivolo, per evitare di fare confusione.

Ci sono differenti velocità associate con il volo –indicata (V_I), calibrata (V_C), equivalente (V_E), vera (V_T) e al suolo (V_G). Il mese scorso, abbiamo deciso di chiamare la velocità letta sull'indicatore, velocità osservata V_O . Le differenze saranno spiegate in un altro articolo, ma vogliamo sottolineare la differenza tra la velocità calibrata e quella osservata, perché influenzano le informazioni sulle prestazioni.

Quella calibrata tiene conto degli errori associati all'impianto della statica-dinamica del vostro tipo di velivolo, e la differenza può essere importante, specialmente alle velocità più basse. Per ottenere dati accurati, dovrete eseguire una prova apposita per la calibrazione, che fornisca la relazione tra V_O e V_C , prima d'iniziare le prove di prestazione. Potete determinare la massima autonomia chilometrica usando la V_O , ma per calcolare il percorso, avete bisogno di convertire V_O in V_T e avete bisogno V_C per calcolare V_T .

Durante le prove, avete registrato V_O e il flusso di combustibile a varie velocità. Sono riportate in fig. 1, insieme con le velocità calibrate corrispondenti, ricavate da una precedente prova di calibrazione.

Configurazione:	quota pressione =	5000 ft
carrello su	OAT =	-5°C
flap su	quota densità =	3750 ft
	peso medio =	1500 lb

Velocità osservata (kts)	Velocità calibrata (kts)	Velocità vera (kts)	Flusso combustibile (gph)	Autonomia specifica (nm/gal)
55	60	63	9	7.0
75	77	81	7	11.6
93	94	99	7	14.2
119	120	127	8	15.9
151	151	160	11	14.5
169	168	178	14	12.7
190	189	200	19	10.5

Fig. 1

Usando i dati raccolti durante i voli prova, potete elaborare le informazioni di cui avete bisogno per costruire i diagrammi delle prestazioni del vostro velivolo.

Cominciate con V_T , che potete calcolare direttamente da V_C , usando il vostro computer di volo meccanico E6B. (per un calcolo più accurato, riferitevi a “Calcolo della V_T ”).

In base alla fig. 1, il minimo flusso di combustibile si ha tra 81 e 99 kts della V_T , ma la tabella non vi fornisce la velocità esatta. E neppure vi dà la velocità di volo per la massima autonomia chilometrica (range). Potreste volare con il minimo flusso a $V_T=99$ kts, ma potreste percorrere una maggiore distanza se volaste a velocità maggiore con un flusso più elevato. Per ottenere una migliore visione delle autonomie chilometrica e oraria, rappresentiamo il flusso di combustibile rispetto a V_T . Costruite un grafico come quello di fig. 2.

L'asse orizzontale (ascisse) è la velocità vera V_T , che parte da 0 e si estende a destra verso le maggiori velocità del vostro velivolo, l'asse verticale è il flusso di combustibile, che inizia ancora da 0, si estende in alto verso i flussi più elevati de vostro motore. E' importante che entrambi gli assi partano da zero nodi e zero gph.

Il grafico inizia da 63 kts di V_T e 9 gph della fig. 1, punto A, primo della vostra curva. Ripetete la sequenza per tutte le coppie di punti. Poi, usate un curvilinee per unire tutti i punti. Anche se la curva non passerà proprio nel centro di ogni punto, va bene lo stesso. La curva ottenuta

rappresenta l'andamento del consumo in funzione della velocità vera de vostro velivolo. Voi cercate la forma della curva più aderente ai punti. Il nostro esempio ha solo sette punti. Maggiori saranno i punti dei dati, più accurata sarà la curva che potrete disegnare.

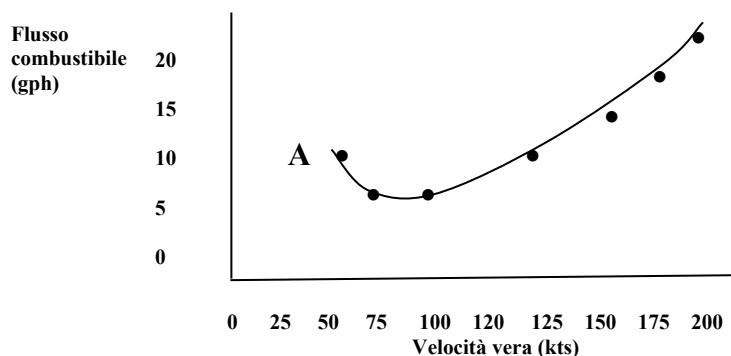


Fig. 2

Diagrammando i dati di velocità e flusso, ottenete una curva che vi dà la velocità precisa che corrisponde al flusso più basso.

L'autonomia oraria massima (endurance) è il più lungo tempo di volo del vostro velivolo. Significa che più basso è il flusso di combustibile, maggiore è il tempo necessario a bruciarlo. Potete osservare il minimo flusso, è il punto più basso della vostra curva. In base alla fig. 3, la velocità vera di massima autonomia oraria è circa 87 kts. Volando a questa velocità vera a 3750 ft hD, avrete un consumo di 7 gph circa. Per sapere quanto a lungo potrete rimanere in questa condizione, dividete il combustibile rimanente (non proprio tutto, perché dovete conservarne per la discesa e l'atterraggio) per il valore del flusso di massima autonomia oraria, nel nostro caso 7gph.

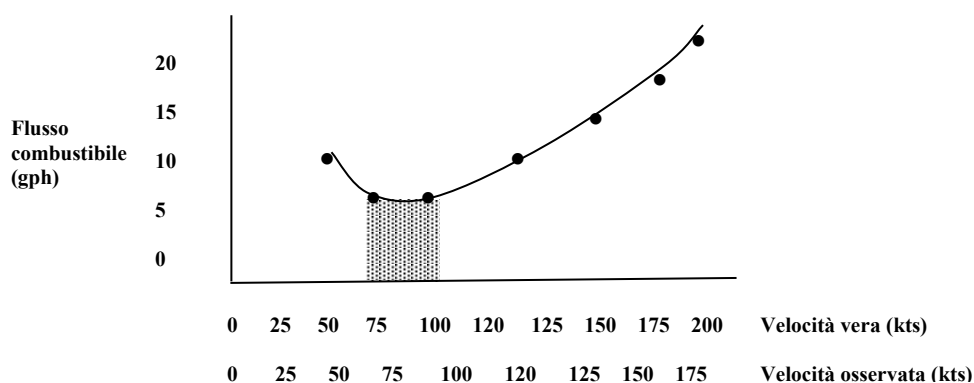


Fig. 3

Questa curva fornisce la velocità di massima autonomia oraria e il corrispondente flusso di combustibile. L'area ombreggiata mostra la penalizzazione in consumo se non volate esattamente a 81 kts di V_T . In questo caso, la penalizzazione per volare tra 74 e 110 kts è inferiore a 0,5 gph extra.

Aggiungete la scala della V_O (fig. 3), poiché è la velocità che usate in cabina; quest'informazione vi porterà molto prossimi alla condizione di massima autonomia chilometrica. Potrete durare qualche minuto in più, regolando accuratamente il comando del gas, facendo attenzione a non rallentare, portandovi dalla parte sinistra della curva.

Pertanto, la curva vi fornisce la velocità di massima autonomia chilometrica (V_T e V_O), il corrispondente consumo orario (gph), e con un semplice calcolo potete ricavarvi il tempo restante. Vi dà anche qualche informazione in più. L'area ombreggiata mostra la penalizzazione che pagherete, se non volate esattamente a 81 kts di V_T . Nella fig. 3, quest'area indica che la penalità per volare tra 74 e 110 kts V_T , è inferiore a 0,5 gph extra di flusso carburante. Se questo valore è rilevante, dipende da quanto carburante avete ancora a bordo.

Potete servirvi di questa curva per trovare per determinare l'autonomia oraria del vostro velivolo ad ogni velocità. Tracciate, ora, una linea verticale alla velocità a cui volete volare fino a intercettare la curva. Quindi, tracciate una linea orizzontale da questo punto, fino a intercettare l'asse del consumo. Dividete il combustibile che destinate al volo per valore di gph trovato, e avrete il tempo di volo a quella velocità.

Possiamo usare la medesima curva per determinare l'autonomia chilometrica massima. Tiriamo una linea, dall'origine degli assi, fino a toccare la curva del consumo, senza attraversarla (tangente ndt) come in fig. 4.

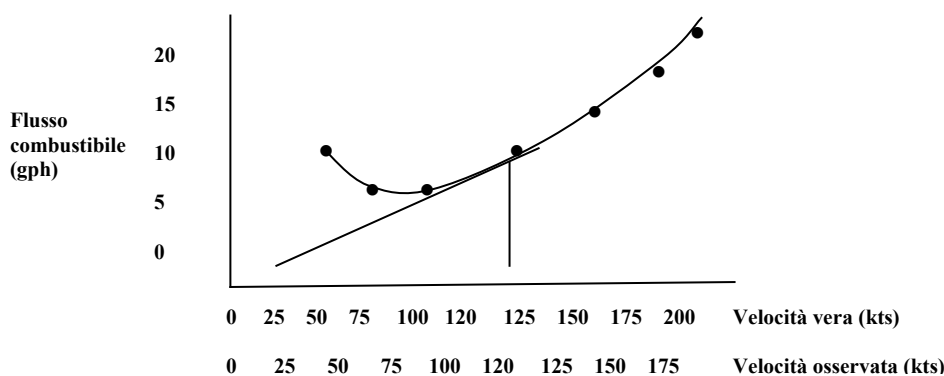


Fig. 4

Per trovare il punto di massima autonomia chilometrica, tracciate un segmento dall'origine del grafico fino alla tangenza alla curva del consumo. La velocità di massima autonomia chilometrica è proprio sotto il punto di tangenza.

Questa procedura funziona solo se gli assi partono entrambi dal valore 0. le scale devono essere lineari, cioè stesso passo tra 50 e 75, 75 e 100, etc. per V_T ; tra 0 e 5, 5 e 10, etc. per gph.

La velocità di massima autonomia chilometrica si trova proprio sotto il punto di tangenza trovato. Nel nostro esempio 125 kts V_T (quasi! ndt). Tracciando l'orizzontale dal punto di tangenza fino a intercettare l'asse dei consumi, si legge il flusso di combustibile necessario, volando alla velocità di massima autonomia chilometrica. Anche qui, aggiungendo la scala delle V_O , si conoscerà la velocità da leggere per la massima chilometrica, comunque avete sempre bisogno della V_T per calcolare la massima chilometrica del vostro velivolo.

Il numero di miglia per gallone che il vostro velivolo può percorrere, è chiamato autonomia chilometrica specifica, e con questo parametro potrete calcolare per quante miglia potrete viaggiare con il combustibile imbarcato (non dimenticando il vento). Per calcolarlo partite dai dati della fig. 1, dividendo la velocità vera per il consumo. Usando il primo punto, 63 kts V_T diviso per 9 gph, otterrete 7 nm/gal.

Ripetendo il conto per tutte le coppie di punti della tabella, otterrete analoghi valori per tutti i punti della vostra sperimentazione, il migliore dei quali si ha per 127 kts V_T , molto prossimo a 125 kts V_T , indicato nella fig. 4. Quello che la tabella non vi dice, è se c'è un'altra velocità che permette una migliore autonomia specifica. Altro diagramma da trovare!

Dovrete costruire un diagramma dell'autonomia chilometrica specifica, simile a quello del consumo. Sola differenza è l'asse verticale che è l'autonomia chilometrica specifica.

La fig. 5 rappresenta, nel nostro esempio, la curva cercata, che è, ancora, regolare

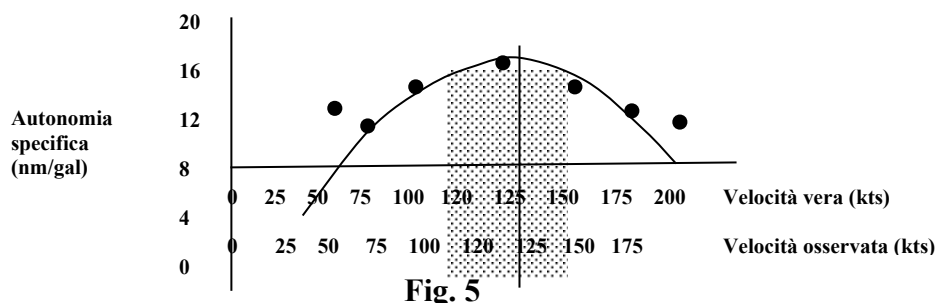


Fig. 5

Dopo aver riportato i punti rilevati, la migliore autonomia specifica è la velocità correlata con il punto più alto della curva.

Voi leggete la massima autonomia chilometrica specifica direttamente dal punto più alto della curva, e sembra essere uno o due nodi superiore di 125 kts V_T nella tabella.

Se non avete eseguito alcuna prova a 127 kts V_T , sarete in grado di costruire la curva tramite i restanti punti di prova. In questo caso, ci sarà qualche differenza tra l'autonomia chilometrica specifica massima di 14,5 nm/gal in tabella e il valore attuale di 16,5 nm/gal.

Con questa curva di prestazioni, voi conoscete che il nostro ipotetico velivolo può viaggiare a 130 kts V_T , a 3750 ft hD, bruciando 8 gph con un'autonomia chilometrica specifica di 16 nm/gal. Per sapere quanto distante potete volare con una determinata quantità di combustibile, moltiplicate questo valore per l'autonomia chilometrica specifica.

Per esempio, dopo aver sottratto la benzina per rullaggi, decollo, salita, discesa, atterraggio, riserva, il velivolo ha disponibili 35 gal per la crociera. Con un'autonomia chilometrica specifica di 16 nm/gal, senza vento, si può volare per 560 nm (16 nm/gal x 35 gal).

Potete usare la stessa formula per calcolare la distanza della crociera per ogni velocità, leggendo l'autonomia chilometrica specifica corrispondente dalla curva citata. Se volete consumare i 35 gal per una crociera alla velocità di massima autonomia oraria (81 kts V_T e con un consumo specifico di 11,6 nm/gal) la distanza si ridurrà a 406 nm. Come la curva di massima autonomia oraria, anche quella dell'autonomia chilometrica specifica presenta un'area grigia; rappresenta la penalizzazione per volare a velocità differenti da quella di massima autonomia chilometrica. A volte, può valer la pena volare più veloce, se c'è abbondanza di combustibile a bordo.

Riassumendo:

1. Create una tabella di valori registrati (V_O , OAT, flusso) e di valori da calcolare (V_C , V_T , autonomia chilometrica specifica).
2. Inserite le velocità calibrate che corrispondono a quelle da voi osservate. La velocità calibrata deriva dai risultati delle prove di calibrazione.
3. Inserite la velocità vera, usando un computer di volo per convertire la V_C in V_T , per ogni punto di prova.
4. Diagrammate il flusso di combustibile rispetto a V_T e V_O . Disegnate una curva regolare che colleghi i punti.
5. Localizzate la velocità di massima autonomia oraria e il flusso di combustibile (punto più basso della curva).
6. Localizzate la velocità di massima autonomia chilometrica e il corrispondente flusso di combustibile, tracciando la tangente dall'origina alla curva dei consumi. Potete utilizzare

questa curva per determinare il flusso necessario per ogni velocità all'interno dell'intervallo provato.

7. Inserite il consumo specifico nell'apposita colonna, calcolandolo in base alle coppie V_T e flusso, per ogni punto di prova.
8. Disegnate la curva autonomia chilometrica specifica rispetto a V_T e V_O . Usatela per determinare la distanza della crociera dei vostri voli, a qualunque velocità vogliate volare. Tornate alla curva del consumo e determinate il corrispondente flusso di carburante per la velocità scelta.

Entrambe le curve, dei consumi e dell'autonomia specifica, sono valide solo per le condizioni provate, poiché il peso del velivolo influenza le prestazioni in crociera. Pesi elevati significano autonomie più basse, consumi più elevati e minore durata. Pesi bassi significano maggiori distanze, minori consumi, e durate più elevate.

Potete ripetere i vostri rilievi di prestazioni di crociera alla stessa quota densità, ma a pesi differenti, e costruire una famiglia di curve di consumo e di autonomia chilometrica specifica (fig. 6). Maggiori informazioni sono disponibili, maggiore sarà la pianificazione dei vostri voli e la vostra sicurezza. Lo stesso vale per la quota. Ripetete le prove a quote densità alle quali pensate di volare. Avrete una famiglia di curve per diverse quote.

Anche se non è stato incluso nella fig. 1, potete aggiungere anche la colonna RPM, per correlare i valori ottenuti per regolare i parametri di volo.

Una volta disponibili le curve delle prestazioni del vostro velivolo, non allentate l'attenzione. Controllateli, usateli per la pianificazione dei vostri voli e confrontate le prestazioni del vostro mezzo con le predizioni delle curve. Se trovate qualche differenza, verificate i conti e i punti delle curve. Se sono a posto, voi dovrete ripetere alcune prove per confrontare i risultati e fare gli aggiustamenti del caso. Il velivolo diventa sporco, il peso iniziale cambia, i motori diventano meno efficienti col passare del tempo. Aggiornate le curve periodicamente per riflettere le prestazioni reali.

Il prossimo mese, sospenderemo le prove delle prestazioni per introdurre le qualità di volo-quelle caratteristiche del velivolo che determinano quanto facile o difficile è il suo pilotaggio. Assumere il giusto assetto in decollo, uscire da una virata per assumere una prua, eseguire una derapata nell'approccio finale e, anche, trimmare per un volo rettilineo livellato sono tutti interessati dalle qualità di volo del velivolo.

Esploreremo stabilità, controllo e gli aspetti dell'interfaccia pilota/velivolo con l'intenzione di scoprire le ragioni del comportamento del velivolo. Diversamente dalle precedenti puntate, orientate ai numeri, approcceremo le qualità di volo dal punto di vista del pilota-cosa succede, perché succeder e come coinvolge voi ai comandi.

Grazie, a tutti quelli che mi hanno inviato commenti e suggerimenti. Non smettete di farlo, perché i vostri interessi determineranno gli argomenti prossimi di "Test pilot" e come saranno presentati.

Nell'articolo c'è il seguente riquadro per il calcolo della TAS.

Potete usare il vostro computer di bordo per convertire la velocità calibrata in velocità vera. Per un più accurato calcolo potete utilizzare un E6B elettronico o questa formula. (Ricordate, come per tutti i calcoli, l'accuratezza e la precisione dei numeri usati nella formula determinano l'accuratezza del risultato). La lettera minuscola σ (sigma) indica il rapporto della densità e la tabella che l'accompagna fornisce i rapporti per le diverse quote densità. Potete trovare σ in ogni tabella dell'atmosfera standard, come nella AC23-8° della FAA.

Per i velivoli che volano ad alta quota e velocità, userete la velocità equivalente per calcolare quella vera, poiché essa tiene conto della comprimibilità dell'aria. In termini semplici, quando un velivolo vola abbastanza veloce, le molecole d'aria non possono spostarsi velocemente, e si affastellano intorno a qualunque cosa, per es. l'ala e il tubo di pitot. Quando si vola a 200 kts , o

meno, e a quote che non richiedono l'uso dell'ossigeno per il pilota, la differenza tra la velocità calibrata e l'equivalente è di un paio di nodi, così non si utilizza la velocità equivalente nel calcolo perché non è un elemento importante.

$$TAS = CAS / (\sqrt{\sigma}) = V_T = V_C / (\sqrt{\sigma})$$

Quota densità (ft)	$\sqrt{\sigma}$
0	1.0000
1000	0.9854
2000	0.9710
3000	0.9566
4000	0.9494
5000	0.9283
6000	0.9143
7000	0.9004
8000	0.8866
9000	0.8729
10000	0.8593
11000	0.8459
12000	0.8329
13000	0.8193
14000	0.8062