

QUADERNO DIDATTICO N°9

SAPETE COME FUNZIONANO GLI STRUMENTI DELL'ALIANTE?



<u>Para.</u>	<u>Pag.</u>
Premessa.....	1
Introduzione.....	1
1. Pitot e Statica.....	1
2. L'Indicatore di Velocità (Air Speed Indicator - ASI).....	4
2.1 Velocità Indicata e Velocità Vera (IAS e TAS).....	6
3. L'Altimetro	8
3.1 Il Meccanismo.....	10
3.2 Voci connesse con l'Altimetro: QNH e QFE.....	12
3.3 1013.25 mb, QNE e Livelli di Volo (FL).....	12
3.5 Altimetri Moderni.....	14
4. Il G-metro.....	15
4.1 Il Meccanismo.....	15
5. Il Viro-Sbandometro-T/S (Pallin/Paletta).....	17
5.1 Il Meccanismo.....	17
5.2 Impraticarsi sul suo impiego.....	19
5.3 Commenti Finali.....	20
6. La Bussola.....	21
6.1 La Deviazione.....	23
6.2 La Declinazione.....	23
6.3 Angoli di Inclinazione o Deflessione verso il basso.....	24
6.4 La bussola Bohli.....	26
7. Il Variometro.....	29
7.1 Capacità e statica – variometri a flusso.....	29

<u>Para.</u>	<u>Pag.</u>
7.2 Variometro a tubo.....	31
7.3 Variometro a banda attorcigliata.....	33
7.4 Variometri elettronici.....	33
7.4.1 Trasduttori.....	34
7.4.2 Variometro Crossfell e termistori.....	34
7.4.3 Dentro la scatola nera.....	35
7.4.4 Trasduttori di pressione.....	36
7.4.5 Linguaggio binario.....	37
7.4.6 Funzionamento.....	39
7.4.7 Memoria.....	39
7.4.8 Calcoli.....	40
7.4.9 Misurazione istantanea dei ratei di salita.....	41
8. Energia Totale.....	41
8.1 Compensazione ad energia totale.....	42

Premessa.

La conoscenza sugli strumenti montati su di un aliante viene spesso tralasciata. Il pilota ha dovuto studiare il loro funzionamento per l'esame, e dopo, molto è finito nel dimenticatoio, come altre cose....Però se il pilota non conosce quello che realmente gli strumenti gli stanno indicando, rischia di trovarsi in brutte situazioni. Questo quaderno è nato per fornire ai neo brevettati una rinfrescata di utili nozioni riguardo gli orologi che sono montati sul cruscotto. Esso è nato leggendo sulla rivista Sailplane & Gliding una serie di articoli di Steve Longland che spiegano ed illustrano, con figure chiare e molto comprensive il loro funzionamento.

Introduzione.

Molti dei pannelli strumenti standard tradizionali sono ingegnosamente progettati e costruiti per contenere degli orologi (vedere Figura 1). Ciò nonostante, è sorprendente trovare uno degli strumenti chiave – senza dubbio completamente approvato da diversi organismi di controllo nazionali (sic) e che costa una “fortuna” per millimetro – un pezzo di filo di lana!!!

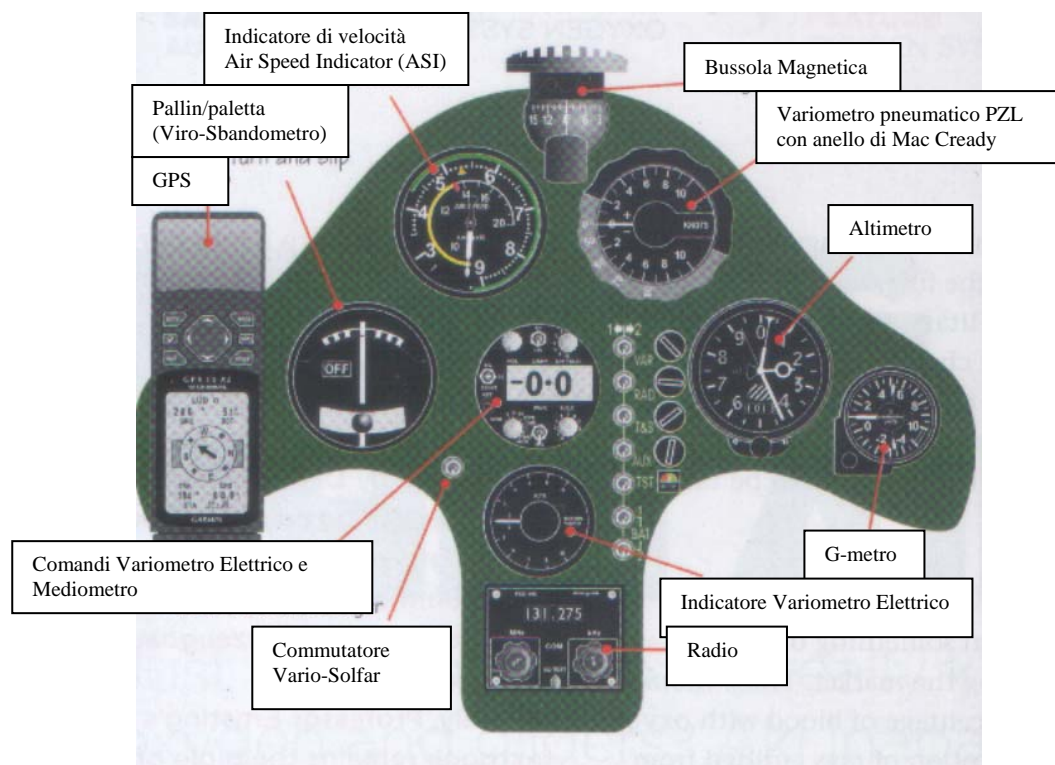


Figura 1. Pannello strumenti standard

Il progetto base di molti strumenti a pressione per l'aviazione ci riporta ai primi anni dell'ultimo secolo, ma noi non li useremmo più se non fossero ancora attendibili. Purché non siano danneggiati non mentiscono mai, ma, detto questo, non sono, nell'immediato, interessati di come e che cosa stiano misurando e di come lo fanno, ne possono sempre dirvi completamente che cosa pensate o volete sapere. Anche se solo per auto proteggervi, è bene conoscere come essi lavorano e che cosa stanno realmente misurando. Prendiamo, per esempio, l'indicatore di velocità – ASI (Air Speed Indicator). Nonostante il suo nome, esso non misura la velocità come dovrebbe.

1. Pitot e Statica.

La maggior parte degli strumenti a pressione lavora confrontando le differenze di pressione di due punti convenientemente scelti. Altri misurano il flusso che risulta da una differenza di pressione. La maggioranza - incluso le versioni elettroniche che impiegano trasduttori - prendono le informazioni a loro necessarie dal mondo esterno tramite un pitot o presa dinamica/e/o prese statiche.

Il pitot basico è un tubo con una estremità chiusa e l'altra aperta, che punta direttamente nel flusso relativo. La spinta del flusso d'aria in questo vicolo cieco dovuta al movimento verso l'avanti dell'aliante, crea qui una pressione dinamica (anche conosciuta come effetto dinamico) che varia con la massa del flusso d'aria e la velocità – in altre parole, con la sua quantità di moto (massa per velocità al quadrato (mv^2)). Se non siete sicuri di che cosa sia la pressione dinamica, essa è quello che sentite quando il vento soffia contro di voi. Il pitot di un aliante è di solito una piccola camera (camera del pitot) (vedere Figura 2) posizionato nel muso della fusoliera o un tubo che si estende dal bordo d'attacco della deriva.

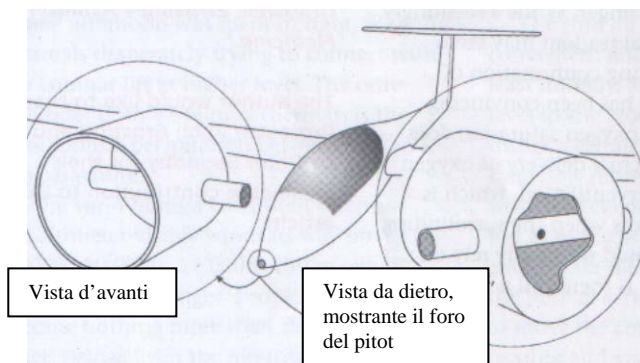


Figura 2. Camera del Pitot montato sul muso

La tubazione del pitot agli strumenti attraversa la camera del pitot, ed ha un piccolo foro posizionato nel lato sottovento.

Questo tipo di montaggio fa in modo di prevenire un suo bloccaggio a causa di acqua, polvere, insetti, ecc. Mentre, la funzione principale delle prese statiche è di campionare la pressione atmosferica/ambiente locale (vedere Figura 3).

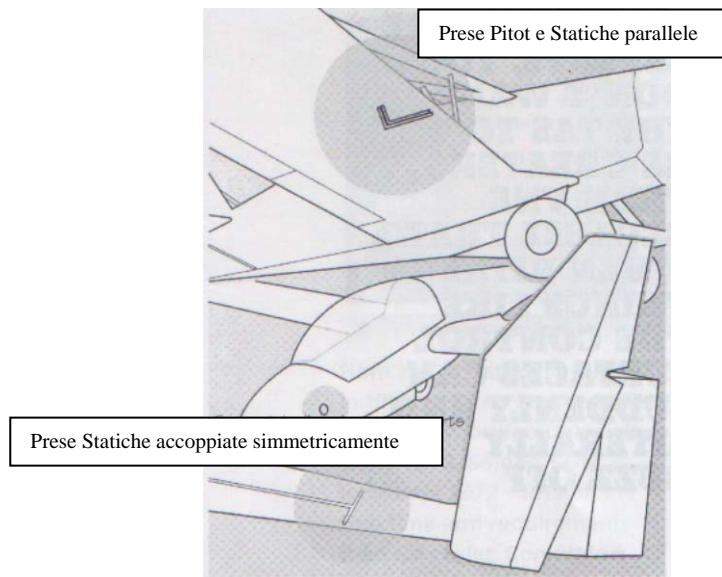


Figura 3. Prese Statiche

La statica di solito consiste di due o più prese di piccolo diametro (forellini!) aperte ortogonalmente rispetto al flusso nelle giuste posizioni rispetto alla superficie della fusoliera.

Esse devono venire posizionate dove la pressione locale rimane il più vicino possibile alla pressione ambiente qualunque sia la velocità dell'aliante. Così montate sembra difficile credere che la maggior parte delle installazioni di prese statiche/pitot abbiano errori – di solito piccoli – che variano con la velocità. I manuali di volo dell'aliante forniscono di solito un grafico che visualizza gli errori di installazione per quel aliante (vedere Figura 4).

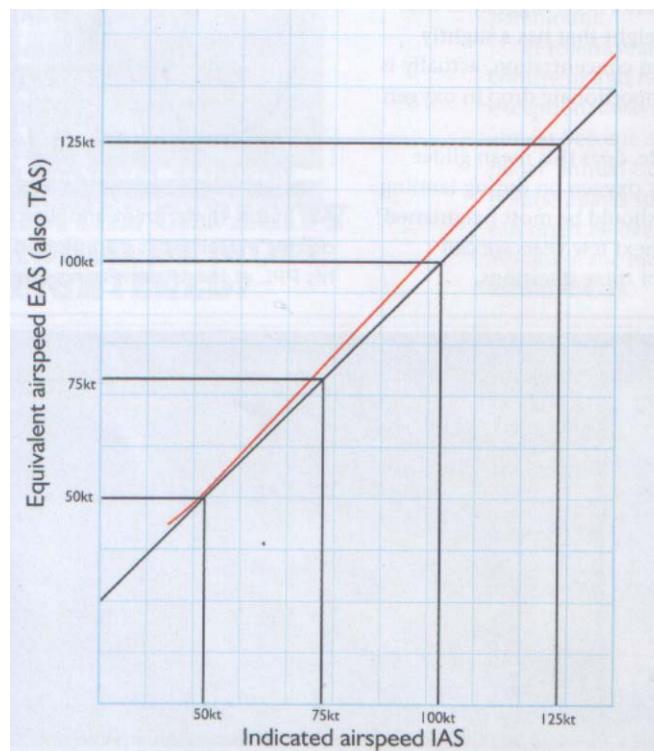


Figura 4. Diagramma dell'errore di installazione Pitot/Statiche

E' bene dargli un'occhiata.

Il grafico in figura è ricavato da un manuale di volo di un aereo ben conosciuto, e mostra che la IAS (linea rossa) progressivamente indica di meno come l'aereo accelera. Non considerando nessun altro effetto – e ce ne sono un po'! – se la VNE di questo aereo come IAS (velocità indicata) è di 125 kts (circa 230 km/h), dal grafico risulta che esso sta andando circa 5 kts (9 km/h) più veloce, il che non è una buona cosa.

Sebbene le prese statiche dell'aereo siano normalmente posizionate nella parte posteriore della fusoliera, sull'ASK 13 sono montate sulla parte anteriore (vedere Figura 3). Il pitot e le statiche di un aeroplano a motore possono venire abbinate verticalmente sulla parte inferiore dell'ala, verso l'avanti – esempio il Pawnee – come un singolo complesso ad "L".

Imbardata ed alti angoli d'incidenza sembrano esattamente la medesima cosa per il pitot e le statiche, e colpiscono ambedue.

Se, per esempio, il flusso dell'aria inizia a soffiare sempre di più di traverso che direttamente nella camera del Pitot, la pressione dinamica interna può cadere molto velocemente e la lancetta dell'ASI oscillerà verso l'indietro.

Superfluo dire che l'aereo non sta volando a questa "nuova" velocità.

La linea della statica è divisa simmetricamente in prese statiche accoppiate – qualche volta più di un paio – su ciascun lato della fusoliera (vedere Figura 3), così installate un'imbardata induce un incremento di pressione su di un lato che verrà annullato da un equivalente decremento dall'altro; di solito nel caso di ampi valori di imbardata, la pressione statica sul lato sinistro e quella del lato destro si annullano tra loro essendo di valore uguale ma opposto, la pressione nel condotto principale della pressione statica non è superiore a quella ambiente. La camera del Pitot viene investita ortogonalmente per cui la pressione che rileva il forellino è una pressione uguale a quella ambiente. L'ASI installato – che di solito non è molto bugiardo – ora leggerà erroneamente; la quantità di errore dipenderà da come sono posizionate le statiche e quanto è sensibile a queste variazioni di pressione, in caso di ampi valori di imbardata esso può anche indicare zero.

Gli effetti di una statica otturata su uno strumento dipenderà da come esso utilizza la presa statica. Molti variometri "respirano" attraverso la statica, e si bloccheranno se la statica è otturata dato che l'aria non può più fluire dentro o fuori della capacità. Gli equivalenti elettronici non saranno in grado di sentire le variazioni di pressione.

2. L'Indicatore di Velocità (Air Speed Indicator - ASI).

L'ASI è lo strumento più importante del pannello.

Piuttosto che un misuratore di velocità, cioè della velocità delle molecole d'aria rispetto all'aliante – che è quello che noi pensiamo come velocità all'aria – esso è uno strumento a pressione differenziale che confronta la pressione dinamica/Pitot con la pressione statica/ambiente (vedere Figura 5).

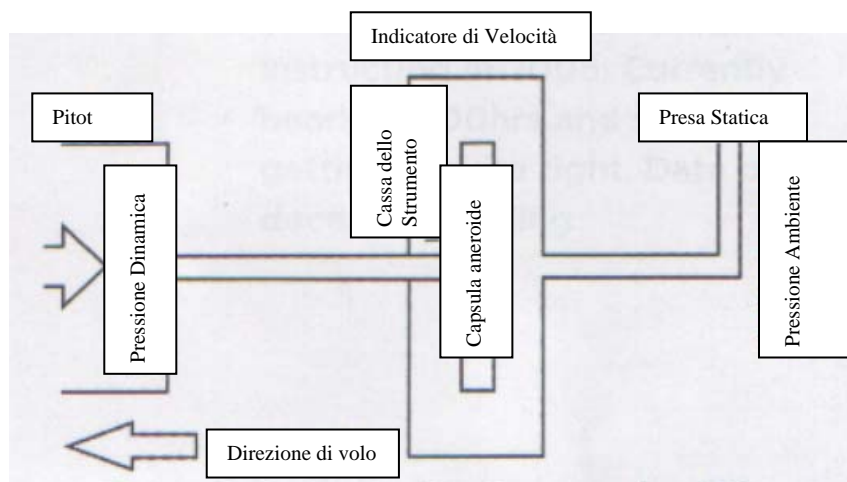


Figura 5. Collegamento Pitot/Statica dell'ASI

La grandezza di questa differenza è quello che leggete letteralmente sul quadrante come Velocità Indicata all'Aria (Indicated Air Speed – IAS). Il principio base è mirabilmente semplice, ma ha degli inconvenienti, che vedremo più tardi. Per prima cosa vediamo la meccanica dell'indicatore di velocità.

La linea dalle statiche entra direttamente nella cassa dello strumento (**B**, Figura 6), la quale è sigillata anteriormente dal vetro. La base di supporto sulla quale è installata una capsula aneroide – normalmente dove c'è la linea rossa tratteggiata in figura – ha uno spazio tra essa e la cassa.

La linea dal Pitot (**A**) va dritta nella capsula aneroide, e qualsiasi incremento nella pressione dinamica (velocità) causa una espansione della capsula. La piastra attuatrice sulla sommità della capsula (**C**) allora sale facendo ruotare l'albero di comando (**D**), il quale fa ruotare in senso anti-orario il braccio sul suo perno (**E**). Anche in presenza di grandi variazioni di velocità/pressione dinamica, la capsula si espande solo di poco e solo grazie al sistema di ingranaggi che amplifica questo movimento che si può leggere, tramite la lancetta, queste variazioni. La molla di ritorno (**F**) tiene la parte dentata dell'albero di comando (**D**) premuta contro la piastra attuatrice; senza questa la lancetta dell'ASI non ritornerebbe quando la velocità/pressione dinamica scendono.

Dato che l'indicatore di velocità è molto sensibile alle variazioni di pressione sia statica che dinamica, è vitale che i tubi di connessione non abbiano perdite e che la linea della statica venga collegata alle prese statiche e non lasciata libera in cabina perché anche solo l'apertura o la chiusura della capottina causa variazioni di pressione nell'abitacolo.

Negli aliante più vecchi accadeva la medesima cosa se si apriva o chiudeva la ventilazione. Un indicatore di velocità con la statica libera nell'abitacolo, o con il vetro incrinato o rotto – che è la stessa cosa – tratterà la conseguente variazione di pressione statica in variazione di velocità.

La scala dello strumento è di solito marcata con archi colorati (vedere Figura 7). L'arco **verde** indica il campo di velocità operative normali, dalla velocità di minima caduta fino al valore massimo in aria turbolenta – che è identica alla massima velocità di manovra. L'arco **giallo**, che parte da dove finisce l'arco verde ed arriva alla tacca **rossa** della VNE, dove l'escursione dei comandi deve essere ridotta per non superare i limiti di carico dell'aliante. Se l'aliante è munito di flaps ci sarà un arco **bianco** che delimiterà il campo di velocità nella posizione positiva dei medesimi. Vedere sempre il manuale di volo per utilizzare in modo corretto il campo di velocità di utilizzo dei flaps, che varia anche in funzione del carico alare.

Se c'è un triangolo **giallo**, esso indica la velocità minima di avvicinamento con tutti i diruttori estesi in condizioni di assenza di vento ed a carico massimo.

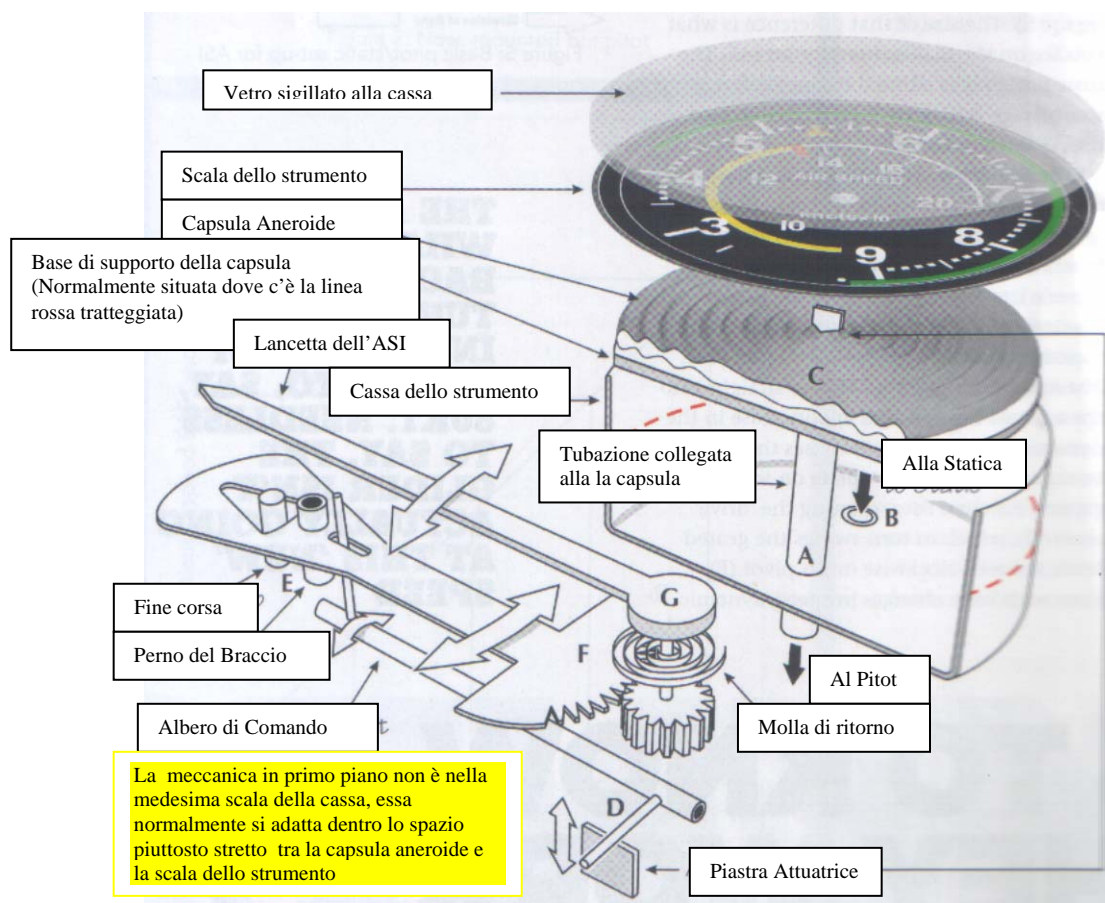


Figura 6. Meccanica dell'Indicatore di Velocità (ASI)



Figura 7. Indicatore di Velocità (ASI) di un Aliante non Flappato

Questa è la più bassa velocità possibile alla quale potete toccare il suolo senza danneggiare l'aliante, e si considera esplicitamente come un impatto controllato. Non ci sarà alcun galleggiamento, e, se avete una velocità leggermente inferiore, anche nessun raccordo. Se sul manuale di volo venisse suggerito di fare ogni avvicinamento alla velocità indicata dal triangolo giallo, **ignoratelo** – in particolar modo in presenza di vento/turbolenza – se non volete rompere qualcosa.

2.1 Velocità Indicata e Velocità Vera (IAS e TAS).

Nel paragrafo precedente avevamo menzionato che ASI ha degli inconvenienti, uno è potenzialmente grave. L'ASI lavora sul presupposto che più grande è la differenza tra la pressione dinamica e quella statica, più veloce si sta andando. Giusto? Bene, andiamo a vedere.

Per via di come è fatto, il pitot misura la quantità di moto dell'aria ma lo strumento non dice quale è la differenza tra un piccolo numero di molecole d'aria che viaggiano molto veloci rispetto ad un più grande numero che viaggia più lentamente e, solo, se la differenza tra la loro pressione statica e dinamica è la medesima allora la IAS sarà la medesima.

L'atmosfera standard ICAO (vedere Figura 8) mette in tavola le variazioni di pressione e temperatura (medie) con la quota.

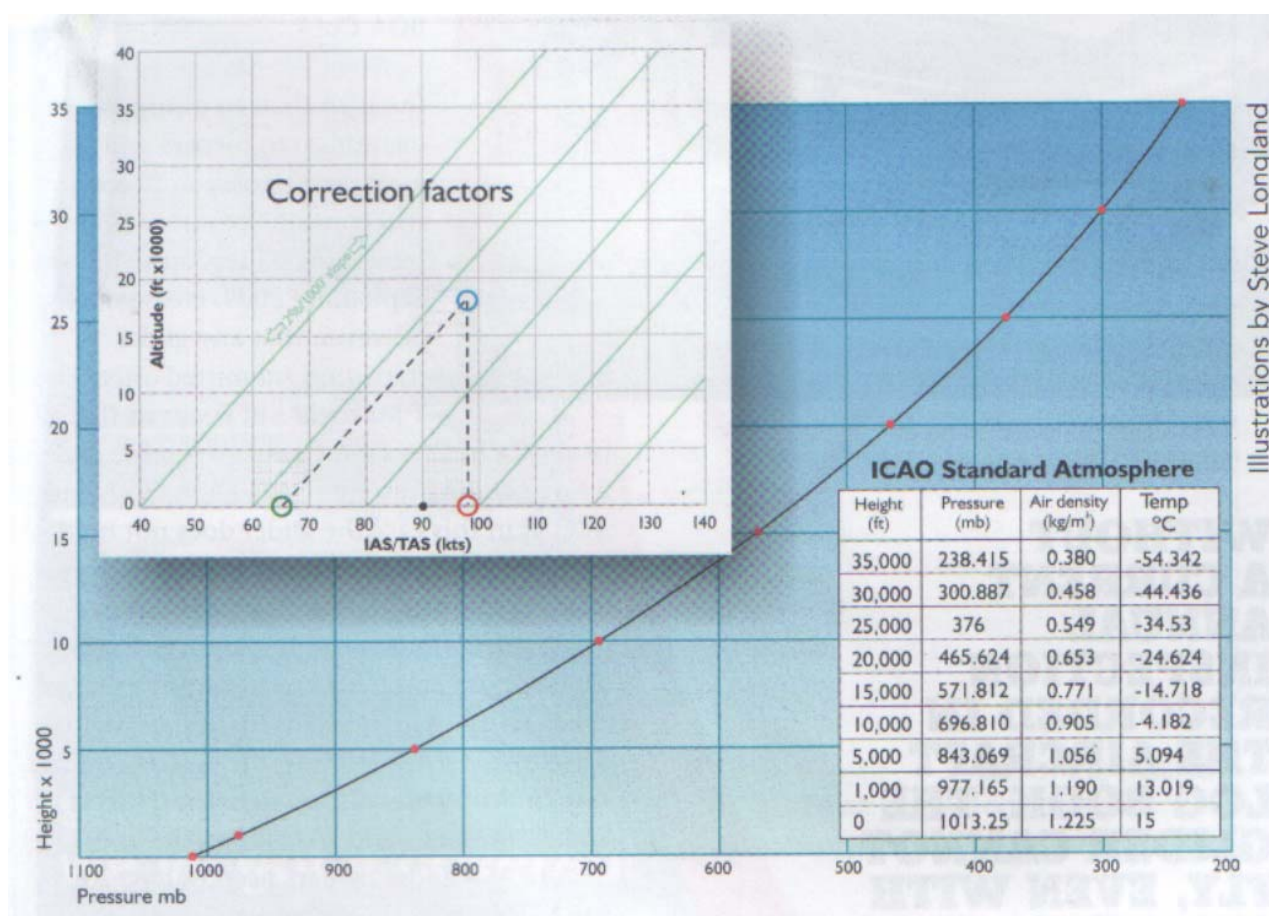


Figura 8. Atmosfera Standard ICAO e Correzione IAS/TAS

Questo grafico serve come riferimento universale per i costruttori degli strumenti, per quelli che li tarano, per i progettisti di aeroplani, ecc.

Per comune consenso la TAS (velocità vera all'aria che è la velocità attuale delle molecole d'aria in relazione al velivolo) e la IAS sono solo esattamente uguali in presenza di una temperatura ambiente di 15° C ed una pressione atmosferica di 1013,25 mb, al livello medio del mare. In presenza di un valore diverso di pressione/temperatura la TAS e la IAS saranno diverse. In realtà l'ASI non indicherà quasi mai la TAS. Ma dov'è il problema?

Salendo la densità dell'aria diminuisce, così si deve volare più veloci se si vuole che le ali forniscano una consistente quantità di portanza con un angolo d'incidenza costante. Che cosa accade – non che l'ASI, l'assetto, od anche la manovrabilità dell'aliante forniscano il più lieve cenno riguardo a ciò – è che per una data IAS l'aliante non solo scende più velocemente più in alto che va, ma avanzerà anche più veloce in relazione alle molecole d'aria.

Qualunque cosa l'ASI dica, la TAS non deve mai superare la VNE. Questo è vitale, perché se ciò accadesse, le superfici di comando possono improvvisamente e letteralmente togliersi dai piedi. Questo perché l'innescò del flutter ha un rapporto molto più vicino con la velocità del flusso (TAS) che con la IAS, la relazione tra le due diventa molto più significativa più in alto che si va.

A 36.000 ft, per esempio, la TAS è due volte la IAS.

$TAS = IAS + 2\%$ ogni 1.000 ft (circa 300 mt) è un utile regola empirica di calcolo, oppure usare il grafico dei fattori correttivi di Figura 8. Prendiamo per esempio una IAS di 65 kts (cerchietto verde) sull'asse delle velocità del grafico, e seguiamo la linea in pendenza del 2% per ogni 1.000 ft fino ad una quota supposta di volo di 18.000 ft (cerchietto blu).

Ora andiamo a leggere la TAS sull'asse delle velocità, in questo caso 98 kts (cerchietto rosso).

Il due per cento fornisce un piccolo coefficiente per mettere una pezza a tutte quelle cose non conosciute o di cui non ci preoccupiamo, ma in questo particolare caso sarebbe meglio preoccuparsi, riguardo le variazioni giornaliere della pressione atmosferica e temperatura con la quota, e, in parte – se il vostro aliante ha questi problemi – su un “non favorevole” errore di installazione delle statiche/dinamica menzionato prima. Dato che in UK la maggior parte degli alianti opera sotto i 5.000 ft (circa 1.500 mt) e dal punto di vista della TAS sotto la VNE, il discorso di cui sopra può sembrare accademico. Sfortunatamente, mentre le differenze nei voli in onda ad alta quota ed ad alta velocità sono un argomento ovvio, loro hanno effetti connessi e sottili anche altrove. Per esempio, ad un dato angolo di inclinazione e IAS, il raggio di virata aumenterà come la pressione atmosferica scende. Così, se si vira verso la parete di una roccia a 1.000 ft (circa 300 mt) ASL distanti, diciamo, un centinaio di iarde (circa un centinaio di metri), si completa il giro verso al parete con mezza apertura alare di sicurezza, se la medesima cosa la si fa a 5.000 ft ASL (circa 1.500 mt) con i medesimi parametri di velocità ed inclinazione ci si andrà a “spalmare” sulla parete.

Parimenti, il piccolo campo posto al livello del mare, dove siete riusciti a mettere l'aliante integro non sarà sufficiente se situato sulle Alpi! E' vitale sapere che la distanza che si copre sul terreno dipende non solo dalla componente del vento ma dalla TAS, e non dalla IAS.

Malgrado non misurando la velocità, l'ASI non mente riguardo il flusso (mv^2), che è la cosa più importante per volare, in poche parole perché è quello che permette alle ali di lavorare ed alle superfici di comando di funzionare. Questo vuol dire che se l'aliante stalla ad 1 G alla velocità indicata di 38 kts (circa 70 km/h), allora la IAS sarà sempre di 38 kts, qualunque sia la densità e temperatura della massa d'aria.

Di conseguenza, se potete fare un sicuro avvicinamento con tutti i diruttori estesi a 53 kts (circa 100 km/h) di IAS in assenza di vento sul vostro aeroporto, potete fare la medesima cosa, nelle medesime condizioni, in qualsiasi altro luogo ed a qualsiasi altitudine. Quello che succede alla TAS ed inevitabilmente anche alla velocità rispetto al suolo è diverso, ma anche se ogni cosa sembra più veloce – e può sembrare molto più veloce – non sarete mai tentati di ridurre la velocità indicata perché probabilmente il risultato sarà un crash!

3. L'Altimetro.

L'altimetro (vedere Figura 9) confronta la pressione ambiente/atmosferica della statica con quella contenuta in una capsula aneroide sigillata dove si è fatto il vuoto (vedere Figura 10).

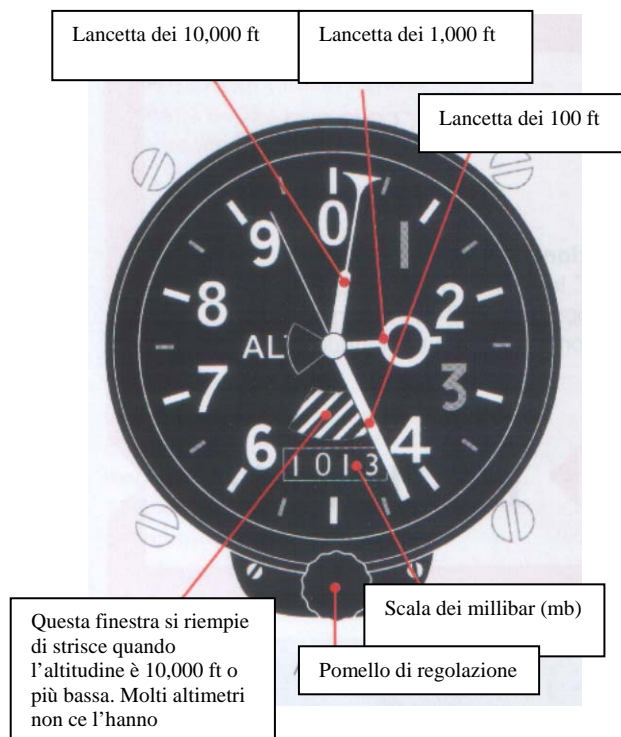


Figura 9. L'Altimetro

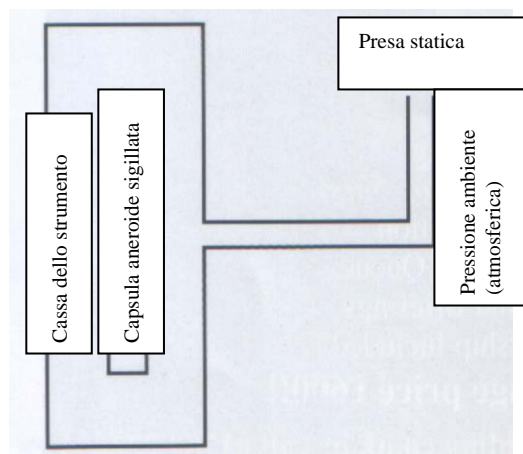


Figura 10. Collegamento dell'Altimetro

Durante la salita, la pressione statica scende e la capsula si espande. L'opposto accade quando si scende. Il quadrante degli altimetri impiegati in UK sono calibrati in piedi, e 100 ft (circa 30 mt) equivale ad un cambio di pressione di circa 3 mb,

Sarebbe conveniente se l'altezza e l'altitudine fossero la stessa cosa, ma purtroppo non è così. La maggior parte di noi guarda l'altimetro, un'occhiata alla leggera al pannello e pensa "altezza", che non è cosa lo strumento misura e dice con la lancetta – vedere ALT, parte nascosta di Figura 9. L'altezza è una distanza fisica fissa tra, diciamo, la base di una montagna e la sua cima, come misurata con un teodolite. L'altitudine è basata sulla differenza di pressione tra i medesimi due punti (vedere Figura 11).

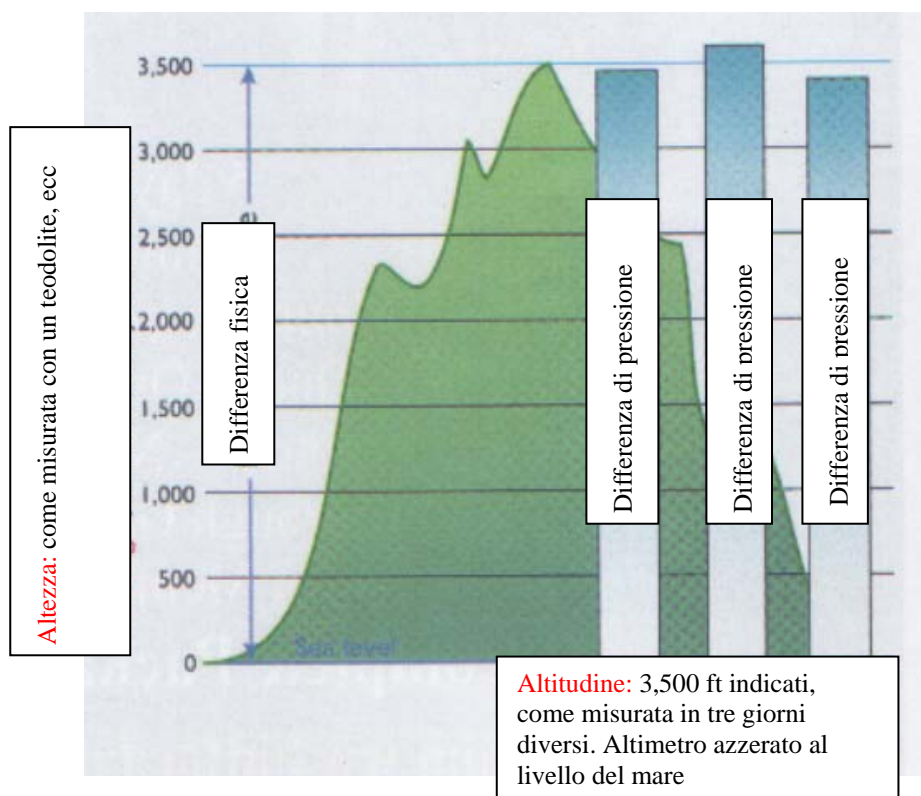


Figura 11. Altezza ed Altitudine

La relazione tra altezza ed altitudine è lontana dall'essere esatta, così non c'è nessuna garanzia che un altimetro regolato a zero ai piedi di una montagna alta 3,500 ft legga 3,500 ft quando arrivato sulla vetta. Benché piccola la differenza c'è, essa varia da giorno a giorno e con la temperatura.

Pensate all'altimetro in questi termini: esso indica, come se fosse un'altezza autentica, la differenza in pressione tra dove si trova ora e quella di quando è stato azzerato. Anche quando si trova al suolo, esso non ha la più pallida idea di dove è se non siete voi a prendervi la briga, in realtà, a dirglielo!

L'altimetro è neppure molto discriminante. Per esempio: esso tratta le variazioni in pressione "orizzontali" (barometriche) di una bassa pressione in avvicinamento come quelle verticali (altitudinali), che causeranno letture non corrette, la medesima cosa avverrà anche quando volate verso una zona di pressione barometrica più bassa o più alta. Data l'estensione della nazione (UK), non è abbastanza insolito avere differenze di più di 100 ft (circa 30 mt) nel corso di una giornata di volo. Se l'aliante viene trasportato con il carrello, diciamo, da un luogo in pianura ad uno sulle colline, l'altimetro registrerà questo – che è quello che si suppone faccia – ma sarà ovvio che qui dovrà venire azzerato in relazione alla nuova altezza sul livello del mare, o, in caso di volo di distanza, con un valore di pressione (vedere il Para.: **Livelli di Volo**).

Tutto questo è per dire che lo strumento deve venire regolato ogni volta, dovunque, e di qualsiasi entità. L'inevitabile risultato di fornire a chi lo usa delle risorse facili è una cosa più complicata. L'altimetro è un barometro, ed un barometro è semplice. L'altimetro? All'esterno un pomello regola l'azzeramento e la relativa scala dei millibar. Questa semplicità esterna non è altrettanto uguale all'interno, l'interno è tutta un'altra storia. Per iniziare, a parte la faccia dello strumento e pochi particolari fissati ad essa, quando voi ruotate il pomello della regolazione l'intera parte interna ruota, qualche volta per diversi giri.

3.1 Il Meccanismo.

La complessità dello strumento ed il fatto che io abbia potuto aprire solo due sezioni di esso, significa che le viste esplose di Figura 12 e di Figura 13 lasciano molto fuori, sebbene potreste non pensarla così nel guardarle. Io non posso immaginare chi abbia la voglia di fare questo, ma se state pensando di contare i denti sulle ruote dentate per vedere il rapporto di trasmissione, non preoccupatevi. Non ci sono super accurati disegni a CAD, ed i denti non si ingranano correttamente. Loro sono solo indicativi per indicare che un oggetto è un ingranaggio od una ruota dentata.

Un pacco di tre capsule aneroidi (ce ne possono essere di più) incrementano la loro espansione o contrazione individuale (vedere Figura 12).

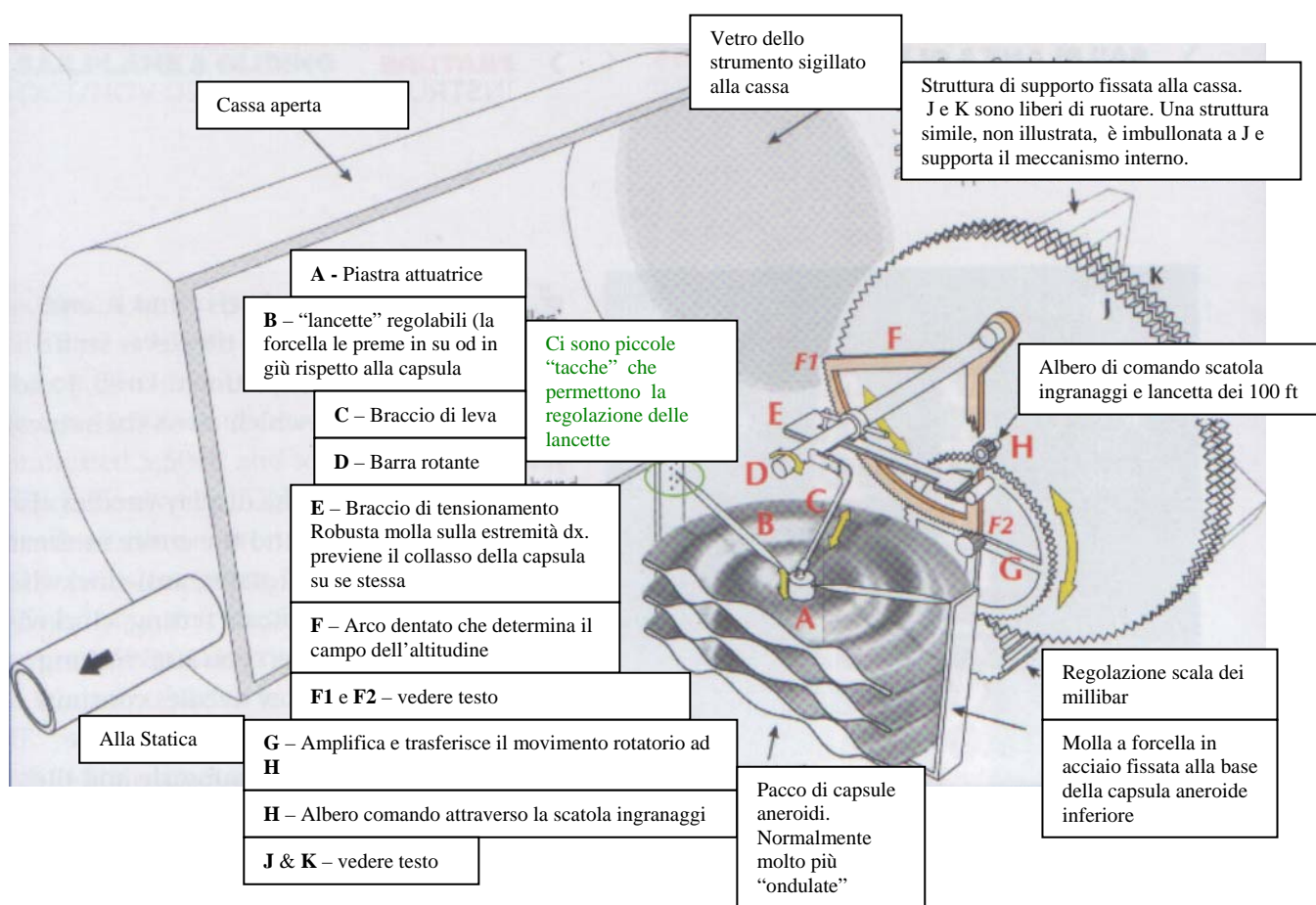


Figura 12. Meccanismo interno dell'Altimetro

A parte il trasformare il movimento verticale di **A** in un movimento rotativo, la funzione principale del meccanismo tra **B** ed **H** (lettere rosse) è quello di amplificare progressivamente quel movimento molto piccolo. Il percorso risultante via albero di comando **H** (che comanda la lancetta dei 100 ft) attraverso **J** e **K**, ed attraverso **L** (vedere Figura 13), finisce nella scatola ingranaggi sul lato del quadrante. Dopo la riduzione della rotazione di **H**, i corretti rapporti vengono divisi via alberi di comando imbussolati alle appropriate lancette sul quadrante.

L'arco dentato **F1-F2** (Figura 12) determina solo il campo di altitudine perché se esso ruotasse di più del suo campo si sgancerebbe dalla ruota dentata dell'ingranaggio **G**, l'arco è lungo circa 50 mm. Assumiamo per il gusto di discutere che il campo di altitudine di questo altimetro vada da 0 a 40,000 ft. Con 40,000 ft sul quadrante, i 50 mm hanno condotto 40 rivoluzioni complete della lancetta delle centinaia di piedi, 4 rivoluzioni ed un po' della lancetta delle migliaia di piedi, e 4/10 dei rivoluzione per la lancetta delle 10 migliaia di piedi.

Non c'è da sorprendersi che in un aliante l'altimetro possa spesso presentare degli inceppamenti che danno origine all'isteresi, valori elevati anche di qualche centinaio di piedi, ma basta picchiettarlo che riprenderà a funzionare, di notevole poco conto questa forma di inceppamento se si pensa che non c'è alcun tipo di lubrificazione.

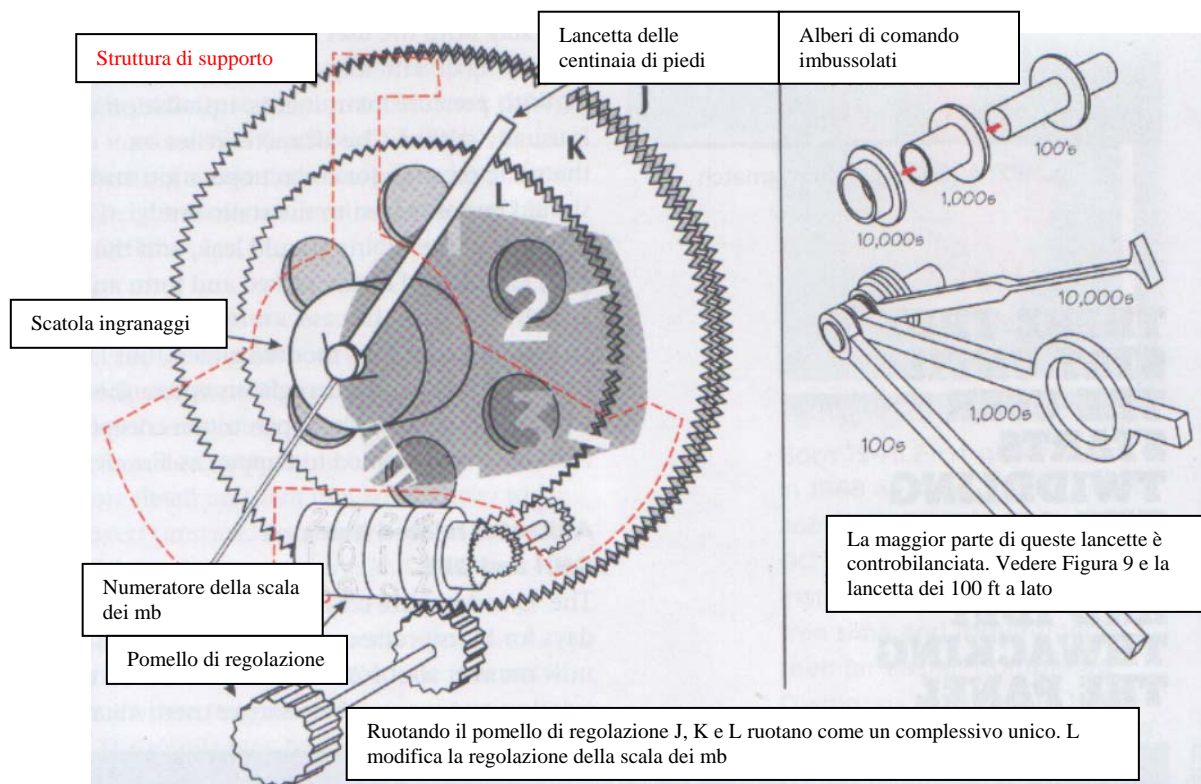


Figura 13. L'Altimetro, vista di fronte

Quello che succede in dettaglio tra le ruote dentate **J** e **K** nella scatola ingranaggi (Vedere Figura 13) è molto interessante. Quando voi ruotate il pomello di regolazione, **J** e **K** ruotano in avanti con **L**, che modifica la regolazione della scala dei mb. Nel medesimo tempo anche le lancette sul quadrante si muovono intorno al quadrante e l'intero meccanismo interno (vedere Figura 12) ruota; in senso antiorario se voi aumentate il valore sulla scala dei mb, in senso orario se voi la diminuite. Quando voi fermate la regolazione dei mb, le lancette sul quadrante continuano ad indicare gli eventuali cambi di altitudine, continuano a fare il loro lavoro, ma **J**, **K**, la scala dei mb ed il meccanismo interno si fermano. Rimangono così fino a quando il pilota non inizia di nuovo a far girare il pomello di regolazione.

L'installazione degli strumenti a capsula è di solito sempre delicata. L'altimetro fa affidamento sulla pressione statica per un corretto funzionamento e dovrà sempre venire collegato alla linea della statica.

Non devono essere presenti perdite nei tubi e il vetro sul quadrante non deve presentare cricche e deve essere sigillato a tenuta d'aria con la cassa.

Questo è essenziale nei moderni alianti, ma io volai su vecchi alianti in legno e tela dove la presa statica dell'altimetro era lasciata libera nell'abitacolo.

Mi ricordo che non accadde nulla di spaventevole come risultato.

3.2 Voci connesse all'Altimetro: QNH e QFE.

Il "codice Q" fu creato agli albori della radio per comunicazioni con il codice Morse, e conteneva circa 280 voci. Non tutte erano relative all'aviazione e molte non vengono più impiegate. Tutte sono brevi. Precedute da una Q – abbreviazione di "domanda" o "come/quale è?" – le successive due lettere indicavano cosa volevi sapere. Pertinenti al volo a vela sono QFE e QNH.

QNH, o Q Nautical Height, è il valore della pressione che si deve inserire nella scala dei mb perché l'altimetro indichi zero al livello del mare (vedere Figura 14). QFE, o Q Field Elevation, è il valore di pressione che si legge nella scala dei mb quando si mettono a zero le lancette dell'altimetro in un particolare luogo, esempio l'aeroporto locale. Se esso è posto al livello del mare, allora QNH e QFE sono uguali. Di norma il QFE viene impiegato nei voli locali. Le altezze sulle carte geografiche sono riferite al livello del mare (ASL – Above Sea Level), così per i voli di distanza si deve utilizzare il QNH.

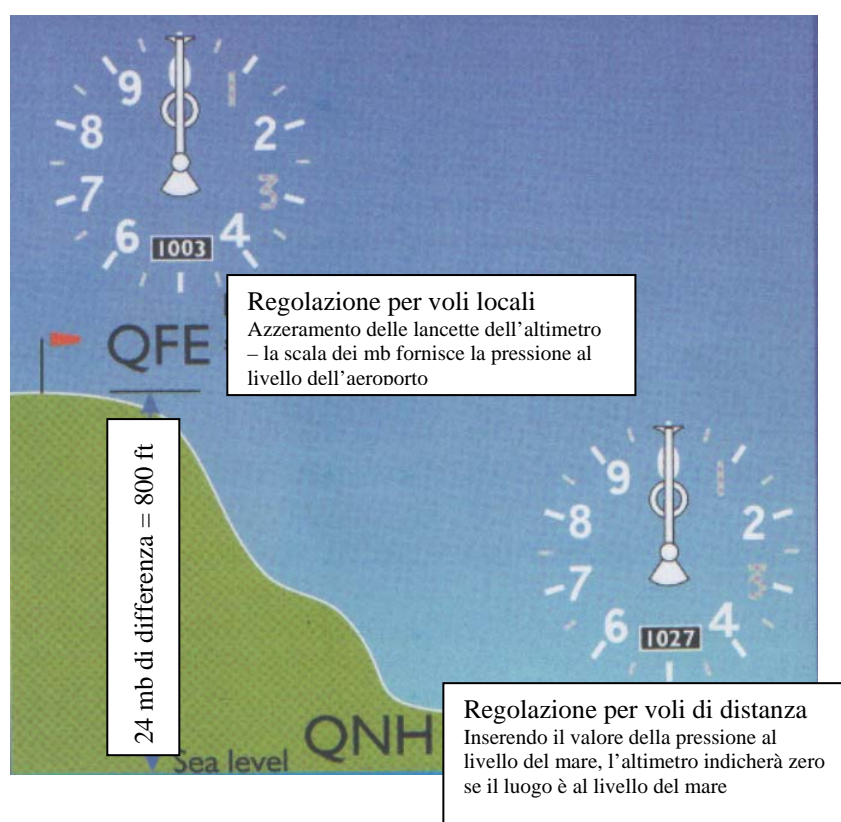


Figura 14. QFE e QNH

Il QNH è facile da trovare. Prima del decollo, regolate le lancette dell'altimetro al valore dell'elevazione dell'aeroporto – l'elevazione dell'aeroporto si trova sulle carte aeronautiche. La lettura che si ha sulla scala dei mb è il QNH dell'attuale localizzazione.

Nel caso di atterraggio fuori campo, il campo scelto potrebbe essere qualche centinaio di piedi più in alto o più in basso rispetto all'aeroporto di partenza, se non conoscete il QFE locale (altamente improbabile), e non lo saprete fino a quando non vi sarete posati, di conseguenza **imparate ad usare i vostri occhi!**

3.3 1013.25 mb, QNE e Livelli di Volo (FL).

Prendiamo due aeroplani in volo nel medesimo tempo, abbiamo un rischio di collisione? No, se loro sono in due posti opposti del mondo. Letteralmente "morte certa" se loro sono vicini ed ambedue ciecamente dirigono nel medesimo punto nello spazio.

Sfortunatamente, QFE e QNH condividono questo inconveniente.

L'aeroplano X comunica con l'aeroplano vicino Y e dice: "Io sono a 12,000 ft. La vostra altezza?" "12,500 ft" replica Y.

E' ragionevole supporre che da questo scambio, anche se non guardano fuori, loro non possano collidere, ma loro possono. L'aeroplano X ha azzerato il suo altimetro su un aeroporto più alto di 500 ft di quello da cui è partito l'aeroplano Y (vedere Figura 15), loro possono così essere alla medesima **altezza** malgrado la differente lettura dei loro altimetri.

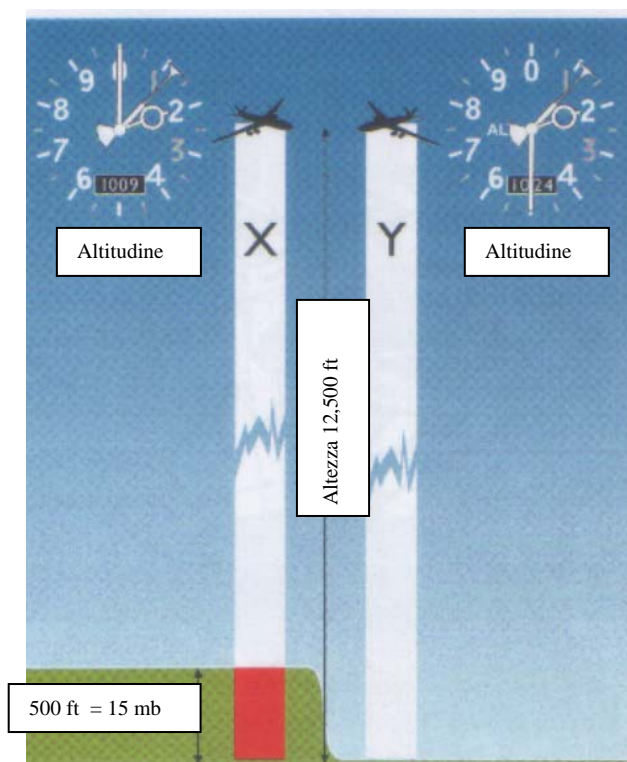


Figura 15. Altitudine/Altezza Errore di Interpretazione

Sia il QFE che il QNH soffrono di questo sconcertante inconveniente; il QNH in minor misura a causa della relativamente lenta velocità con cui avvengono la maggior parte delle variazioni di pressione atmosferica anche sopra aree molto vaste – questa è un'altra ragione per usare il QNH nei voli di distanza.

Errori di altezza/altitudine come quello visto sopra non sono di solito un problema per i piloti d'aliante se loro guardano fuori, ma potrebbero diventarlo quando due o più di essi richiedono le quote quando salgono nella medesima nube (questo è un problema che in Italia non esiste perché il volo a vela in nube è vietato).

Il QNH va bene in questi casi, ma non per il traffico commerciale che può viaggiare per migliaia di miglia da zone dove la pressione barometrica e il QNH possono essere molto differenti.

QNE, o Q Nautical Elevation, è la regolazione dell'altimetro sull'isobara standard di 1013.25, usata in tutto il mondo per il traffico in aerovia, o per traffici che passano sotto cercando di stare tranquilli. L'originale domanda QNE era: "Se regolo l'altimetro a 1013, quale sarà la mia lettura quando atterro?"

Questo lascia intendere, nel modo più indiretto, il reale punto della 1013. Se ognuno usando la 1013 mantiene una altitudine indicata costante – questo include le aerovie definite per livelli di volo (vedere sotto) - vuol dire che sta seguendo un adatto profilo di pressione (vedere Figura 16), e quando nella medesima zona loro saliranno o scenderanno insieme della medesima quantità.

Ora, una separazione verticale indicata, diciamo di 500 ft (X a 12,000 ft ed Y a 12,500 ft, per esempio) sarà reale, ed anche mantenuta quando gli aeroplani saranno sopra il medesimo punto sul terreno, qualunque cosa possa accadere.

La dimensione verticale della maggior parte delle aerovie viene espressa in Livelli di Volo (FL) (vedere Figura 16). Sulla carta le lettere FL sono seguite da due o tre numeri che si devono moltiplicare per 100 per avere l'altitudine di pressione.

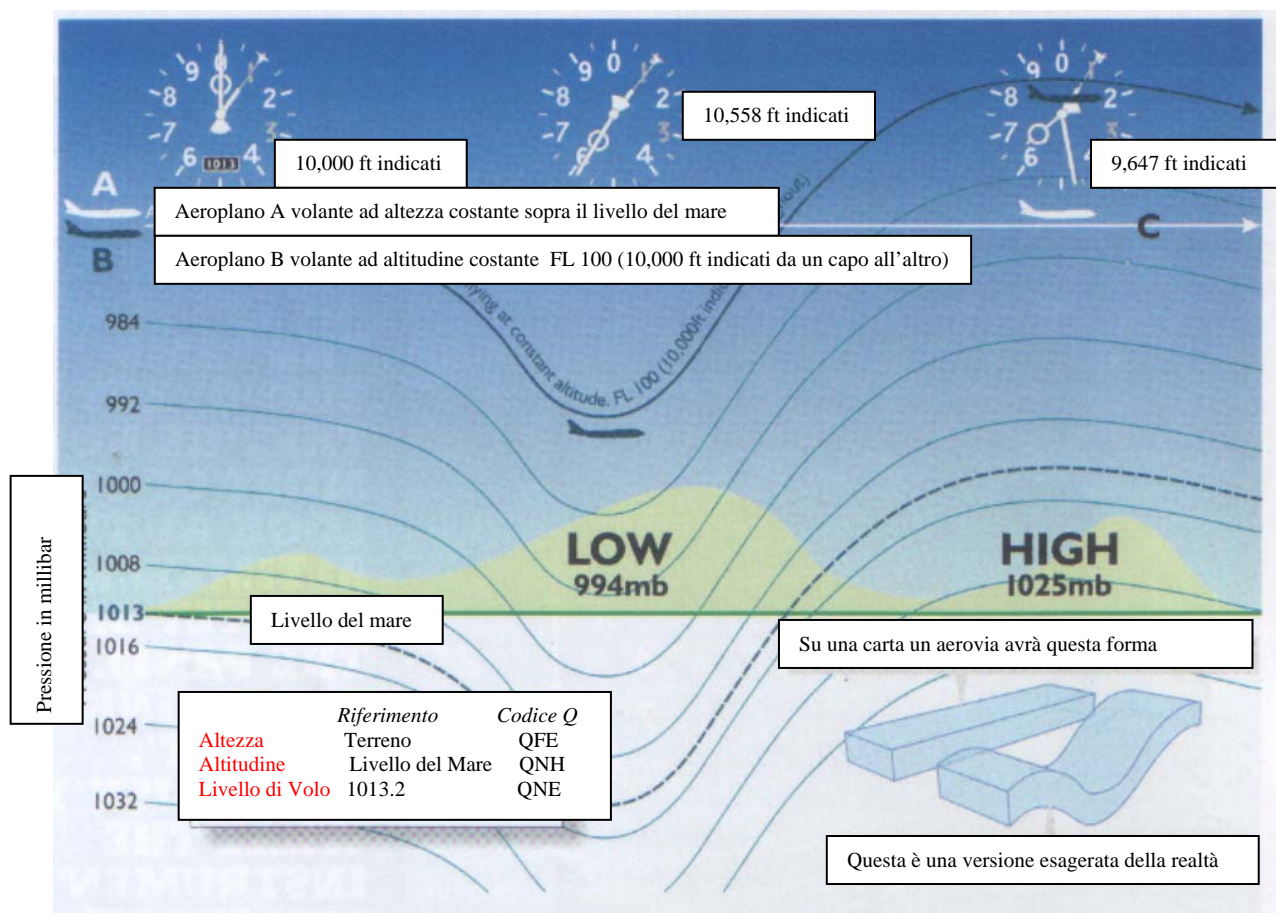


Figura 16. Volare ad Altezza Costante contro Altitudine Costante (FL)

I livelli di volo sono sempre basati sul QNE (1013), e con questa regolazione FL 100 sarà sempre 10,000 ft indicati, e FL 55 sarà sempre 5,500 ft indicati, e così via.

Gli alianti necessitano solo del QNE quando volano sotto spazi aerei espressi come livelli di volo, ma è inutile fare questa regolazione se detto spazio aereo è a FL 75 e voi non potete salire oltre i 4,500 ft ASL. La maggior parte dei livelli inferiori degli spazi aerei è definita dall'altezza, di solito riferita al livello del mare, sebbene voi possiate trovare sulle carte "SFC (superficie) a 5,000 ft". Questo ultimo dato è un'altezza sul livello del mare e voi serve essere sul QNH!

3.4 Altimetri Moderni.

L'altimetro mostrato esploso era il tradizionale strumento analogico, con un collegamento fisico diretto tra che cosa sta misurando ed il quadrante. Gli altimetri elettronici usano trasduttori per convertire la pressione in segnale elettrico, che l'apparecchiatura può instradare ed un programma manipolare.

Anche così, questi strumenti spesso usano una presa statica standard, ed ancora necessita di qualcuno che dica loro dove è il terreno.

Il risultato può venire richiamato su uno schermo a cristalli liquidi (LCD), o qualcosa di simile, ma anche se il quadrante è del tipo tradizionale con le lancette, non c'è alcun o quasi attrito meccanico che causa l'isteresi ai veri altimetri analogici.

Non so se gli altimetri elettronici siano più vantaggiosi rispetto ai più accurati e fidati altimetri meccanici.

4. Il G-metro.

Il G-metro, od accelerometro, misura le unità di G/accelerazione (vedere Figura 17), cioè quanto più o meno un oggetto accelerato pesa riferito al suo peso normale di 1G.



Figura 17. Quadrante del G-metro

4.1 Il Meccanismo.

In questo caso l'oggetto non è l'aliante ma un peso di riferimento scorrevole dentro lo strumento, libero di muoversi verso l'alto o verso il basso lungo due aste verticali rigide (vedere Figura 18). Il peso è bilanciato e trattenuto da una molla circolare assicurata all'albero di comando centrale, con connessione meccanica tramite un cavo sottile che corre sulle pulegge **A**, **B** e **C**. Guardando dall'alto, **A** e **C** sono posizionate a 45° rispetto a **B**. Questo permette al cavo di andare da **A** a **B** – avvolgendosi per diversi giri intorno a **B** dove attaccato c'è il fermo per lo scorrimento – girare intorno a **C** e poi ritornare passando dietro **B** dove le due estremità del cavo passano in un foro attraversando il peso e fuoriuscendo sul lato posteriore dove vengono saldamente assicurate insieme.

La lancetta principale del quadrante (corrente valore di G in Figura 17) è comandata tramite l'albero da **B**, ed indica il valore di G istantaneo o "attuale". Le altre due lancette, sono montate su due separati alberi incamiciati e frenati tramite frizione (vedere Figura 18), muovendosi solo quando la lancetta del valore di G istantaneo ne spinge una su per indicare il valore di G positivo raggiunto, e l'altra giù per indicare il valore di G negativo. Il meccanismo non è illustrato. Queste due lancette rimangono nelle posizioni dove sono state portate fino a quando non subiscono un carico maggiore, e servono come marcatori di massimo G+ e massimo G- . Premendo il pulsante di azzeramento tutte e tre le lancette si portano al valore di 1G, non a zero!

Ad 1G, il peso è sospeso appena sopra la metà della sua corsa sulle aste, tenuto in questa posizione dalla coppia dell'albero di comando creata dalla molla ed agente attraverso la puleggia **B** ed il cavo. Quando l'aliante cabra (vedere inserto di Figura 18) l'inerzia fa sì che il peso scorra sulle aste verso il basso fino a che , tramite il cavo e le pulegge, la coppia creata dalla molla sull'albero di comando bilancia esattamente l'effettivo peso corrente. Picchiando si farà sì che il peso scorra sulle sue aste verso l'alto.

Il G-metro non è essenziale se l'aliante non fa acrobazia, ma state attenti! Vengono misurate solo le accelerazioni verticali, così non si ha la "figura del carico" completa. Alcuni carichi realmente dannosi sono i carichi torsionali, che non essendo carichi dovuti a G (accelerazioni), non vengono percepiti dal pilota ed il G-metro non li registra.

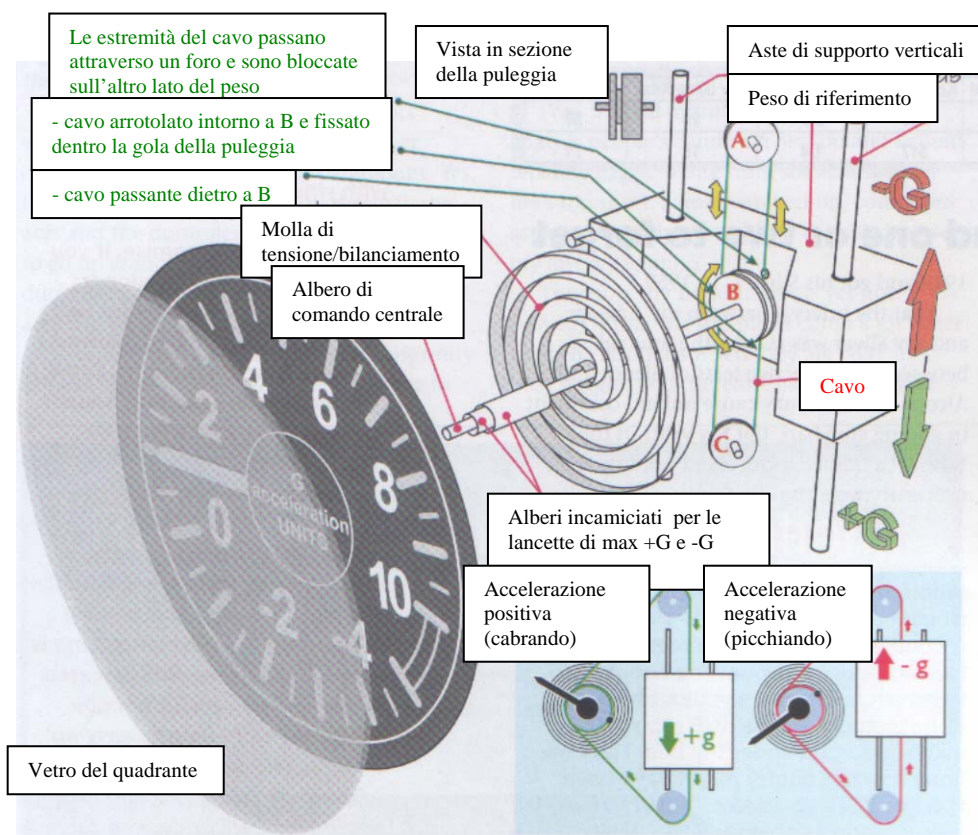


Figura 18. Meccanismo del G-metro

Durante una manovra sull'asse di rollio eseguita ad alti G, tirata ad alta velocità (combinazione da evitare), i G indicati possono rimanere entro limiti accettabili, ma parti della struttura li potrebbero sfiorare.

Un salto durante il rullaggio al suolo può creare un carico transitorio così brusco e violento come un calcio nel gioco del pallone, con carichi indicati che dovrebbero risolversi, ma non lo fanno, in un immediato e catastrofico collasso strutturale.

Lo strumento è concepito per misurare carichi stabili, che non variano brutalmente. Prendere un salto, comunque, ed il cruscotto e la cassa del G-metro scattano verso l'alto, ma il peso rimane indietro. La molla pensa che deve bilanciare un carico, ma come va in tensione, il cruscotto e la cassa improvvisamente ritornano indietro, ed il peso viene catturato nella direzione opposta. Dato che non si muove immediatamente e non vuole rimanere fermo, inverte la direzione più rapidamente, molla o no, così questo iniziale "rimanere indietro – accelerare per recuperare - oltrepassa" la sequenza, anche se il cruscotto e la cassa si sono già fermati dal sobbalzo! In un caso o nell'altro, le oscillazioni del peso di riferimento tendono ad essere poche e smorzate rapidamente. Danni reali sono rari, a dispetto delle letture, ma bisogna controllare ogni cosa sentita o risuonata violentemente inusuale, o strana.

5. Il Viro-Sbandometro – T/S (Pallin/Paletta).

L'Inghilterra è uno dei pochi paesi del mondo dove ai piloti di aliante è ancora permesso di volare in nube, quasi senza restrizioni, così sarà fino a quando il legislatore non metterà mano su questo argomento.

Le caratteristiche dei moderni alianti e l'incremento di quelli con motore da rientro rendono la capacità di effettuare il volo in nube meno utile di una volta, ma questo può ancora accrescere le competenze generali. In passato i piloti imparavano da soli come volare in nube. Meglio di no oggi. Si deve avere una comprensiva descrizione della "funzionalità" dei diruttori installati sugli alianti moderni perchè essi possono davvero trattenere un po' la velocità ma solo se non si è perso il controllo della situazione, così non sono esattamente un elemento di sicurezza per il volo in nube.

Lo strumento base che si trova nella maggior parte degli alianti non indica l'**inclinazione**, ma il rateo di virata (cioè la cadenza) (vedere Figura 19) che è la velocità con la quale il muso si muove sull'orizzonte a destra od a sinistra.

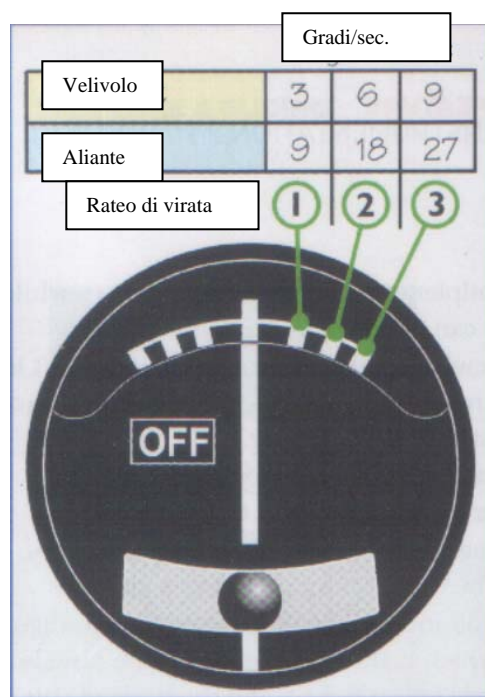


Figura 19. Viro-Sbandometro –T/S e Ratei di Virata

5.1 Il Meccanismo.

I ratei di virata di un aereo a motore e di un aliante sono diversi, quello dell'aliante è tre volte più veloce; le ragioni sono connesse con il campo di velocità operative "normali", le accelerazioni nelle virate molto accentuate e nelle limitazioni strutturali. Un rateo di 3°/s di un aliante su un 747 in crociera potrebbe farlo cadere a pezzi, e un 360° con il rateo di 3°/s in un aliante potrebbe non inserirlo nel nocciolo di molte termiche, specialmente in Inghilterra. L'interpretazione letterale "gradi di risposta" dello strumento è regolata dalla tensione della molla di ritegno (vedere Figura 20) che è maggiore in uno viro-sbandometro modificato o progettato per alianti rispetto a quello per un aeroplano a motore.

Non illustrato è uno smorzatore – che può essere magnetico o meccanico – in un separato compartimento nella parte posteriore dello strumento. Senza questo e la molla, anche il più piccolo rateo di imbardata produrrebbe la completa deflessione della lancetta.

La maggior parte dei viro-sbandometri montati sugli alianti sono alimentati elettricamente, con il giroscopio interno che fa sia da volano che da motore elettrico, il numero di giri a cui ruota è sui 4,000 rpm. Il giroscopio necessita essere relativamente massiccio, e così lo strumento è pesante.

Viro-sbandometri alimentati tramite Venturi sono estremamente rari sugli alianti perché sono sensibili all'acqua ed al ghiaccio – cose che si trovano in una nube – e creano una considerevole resistenza.

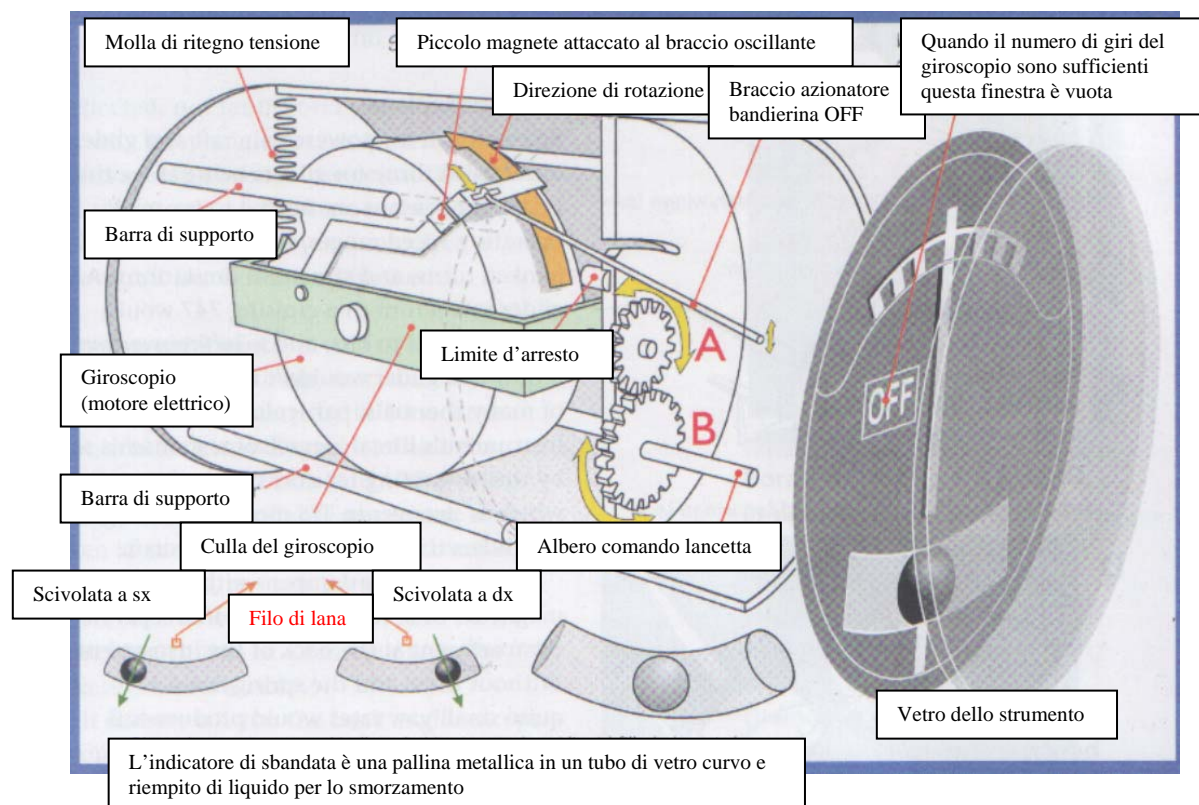


Figura 20. Versione Semplificata del Meccanismo di un Viro-Sbandometro

La culla che supporta il giroscopio è imperniata sull'asse longitudinale dello strumento. Ai giroscopi piace rimanere in verticale se possono, e rispondono opponendosi in modo alquanto inaspettato se si cerca di far fare a loro qualcosa di diverso. Per esempio: facendo di ruotare un giroscopio (vedere Figura 21 in alto) esso imbarda, se viene sottoposto ad una imbardata, esso ruota (Figura 21 in basso).

L'ultima è la risposta cruciale perché è la sola che può inclinare la culla di supporto e spostare la lancetta. La lancetta dello strumento non è collegata direttamente all'asse della culla, perché se lo fosse le indicazioni sarebbero nella direzione opposta dell'imbardata, che non è molto utile. L'ingranaggio **B** inverte la rotazione dell'ingranaggio **A**, così che i ratei di virata sono indicati nella medesima direzione dell'imbardata. L'inclinazione della culla è limitata a 45° a destra e 45° a sinistra dalla verticale tramite un arresto in modo da prevenire rotture della lancetta contro la cassa ed al giroscopio di ruotare capovolto.

Quando il giroscopio viene fatto girare sufficientemente veloce nella direzione indicata in Figura 20, il "freno" elettromagnetico tra esso ed un piccolo magnete fissato al braccio oscillante ruota di pochi gradi il braccio azionatore; appena sufficiente a sollevare la bandierina OFF, caricata da una molla, dalla finestrella del quadrante. Non c'è alcuna bandierina ON. La finestrella rimane vuota quando lo strumento lavora.

La parte sbandometro dello strumento di solito consiste di una sfera metallica (pallina) in un tubo curvo di vetro, parzialmente riempito di liquido che ha la funzione di smorzatore. Derapata o scivolata fanno scorrere la pallina a sinistra o a destra in risposta all'apparente variazione in direzione della gravità. Il più sensibile filo di lana risponde alla direzione del flusso per indicare derapata o scivolata, e si muove nella direzione opposta della pallina, esempio: pallina a destra, filo di lana a sinistra, e viceversa.

A dispetto del fatto che il viro-sbandometro basico non fornisce l'inclinazione, se l'aliante vola correttamente (filo di lana e pallina al centro), un più alto o più basso rateo di virata corrisponderanno ad un virata con un più alto o dolce angolo di inclinazione.

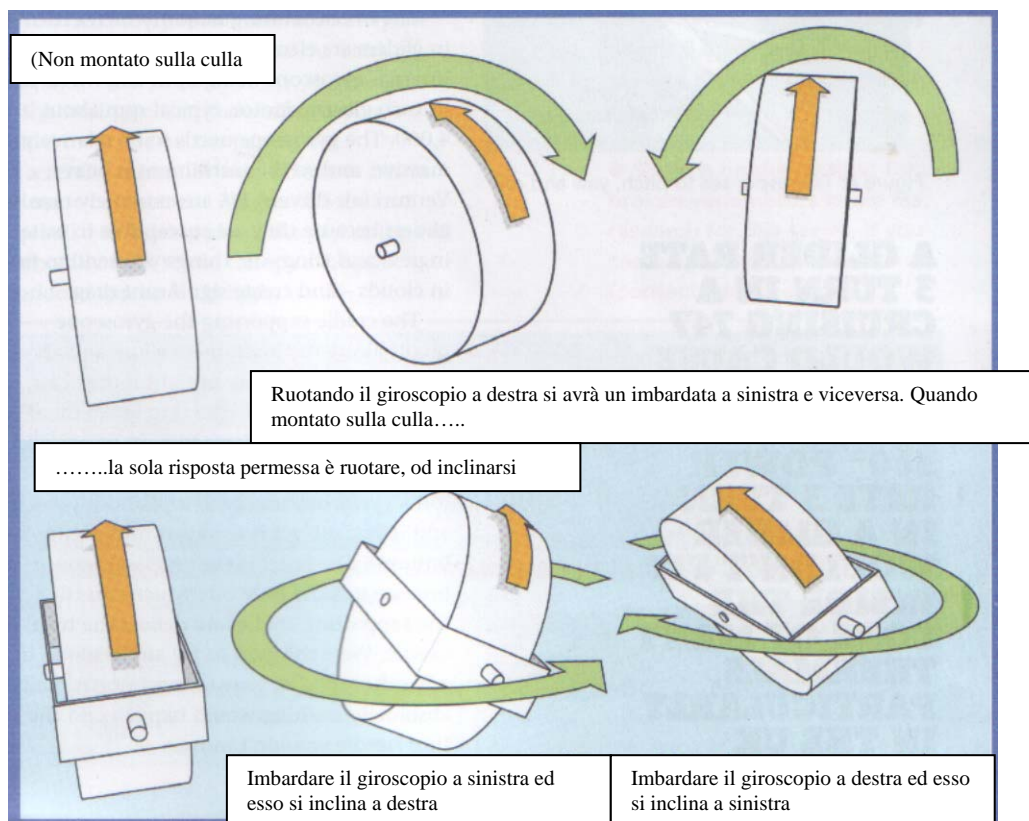


Figura 21. Risposte del Giroscopio alla Rotazione ed all'Imbardata

5.2 Impraticarsi sul suo impiego.

Probabilmente il miglior modo per imparare ad utilizzare un viro-sbandometro è quello di usarlo – fuori dalle nubi all'inizio! Eseguite i seguenti esercizi su un biposto con un pilota di sicurezza che guarda fuori seduto nel posto anteriore.

Accendete lo strumento! Volate in volo rettilineo con filo di lana, o pallina al centro. Sollevate od abbassate il muso dell'aliante lentamente. La lancetta dello strumento non si scosta (Figura 22A) – il viro-sbandometro non risponde alle accelerazioni verso l'avanti o verso l'indietro (variazioni d'assetto). Inclinate l'aliante in mettendolo in una scivolata rettilinea in modo da continuare nella direzione precedente (Figura 22D). La lancetta rimane al centro anche se la pallina è tutta da una parte. Il giroscopio si deve inclinare con l'aliante, non darà nessuna risposta alla rotazione. Mantenendo la medesima inclinazione, gradualmente toglietelo dalla scivolata permettendogli di girare e poi tornare in volo rettilineo. Notate che la pallina scorre indietro verso il centro e la lancetta dello strumento indica un graduale aumento di rateo di virata per poi tornare al centro.

In volo rettilineo tenete le ali livellate e date una pedata. La lancetta dello strumento va a fondo corsa dalla parte dell'imbardata (Figura 22B). Una volta che il comando viene fermato e l'aliante vola stabile derapato con tutto timone dentro (Figura 22C), la pallina del viro-sbandometro sarà tutta in un angolo, il filo di lana tutto fuori dalla parte opposta e la lancetta nel mezzo.

OK fino a qui? Speriamo.

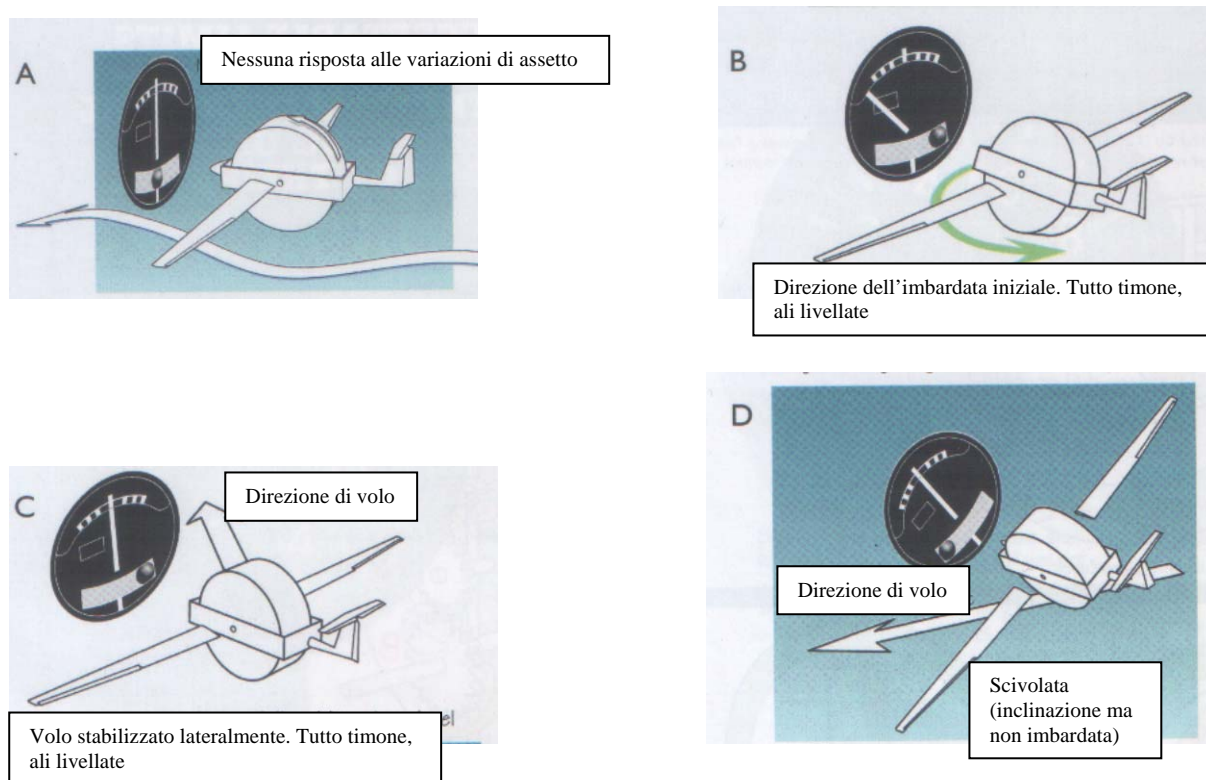


Figura 22. Risposte del Viro-Sbandometro al Beccheggio, Imbardata e Rollio

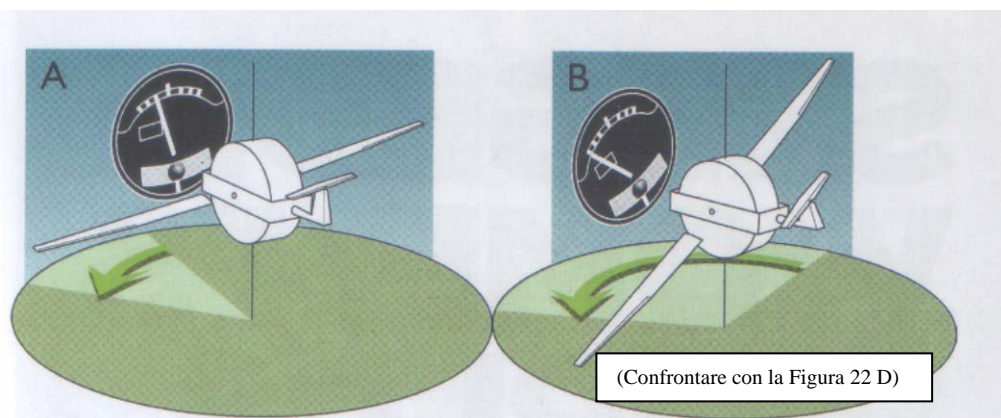


Figura 23. Ratei di Inclinazione ed Imbardata in Virate Coordinate e Stabilizzate

5.3 Commenti Finali.

Il viro-sbandometro è relativamente economico, meccanicamente semplice, non prosciuga la batteria in 30 secondi, e generalmente è molto più attendibile di molti orizzonti artificiali. Esso continuerà anche ad indicare qualcosa di utile anche quando la batteria si scarica, quello che la maggior parte degli orizzonti artificiali non può fare perché, a questo punto, loro perdono l'orientamento e crollano. Il viro-sbandometro ha alcuni inconvenienti:

- non fornisce l'angolo di inclinazione, lo fa indirettamente.
- si deve volare ragionevolmente accurati per virare con l'indicato rateo ed inclinazione costanti.
- la vitale informazione sull'assetto/velocità è sul cruscotto.

Come risultato, in nube si deve fare un continuo controllo incrociato tra ASI, T/S e pallina – il filo di lana potrebbe incollarsi alla capottino. Il carico di lavoro del pilota può diventare abbastanza alto.

6. La Bussola.

Il campo magnetico che avvolge il pianeta Terra è simile come forma a quello che avvolge una barra magnetica (vedere Figura 24), con anche i rispettivi poli Nord e Sud magnetici.

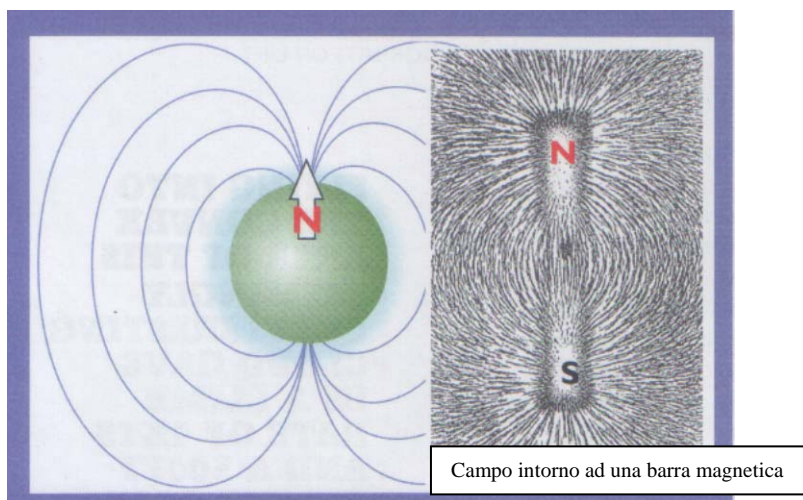


Figura 24. Campi Magnetici

Un magnete liberamente sospeso in un campo geomagnetico (Terra) cercherà di allinearsi sia orizzontalmente che verticalmente con la direzione delle linee di forza circostanti.

Come i poli si respingono e diversamente si attraggono, così per quale motivo il polo magnetico nord normalmente verniciato di rosso di un magnete punta il Nord Magnetico? Esso punta certamente verso "il polo magnetico che si dà il caso è a nord", ma, parlando esattamente, quel polo è un sud magnetico, ed il polo nord di un magnete non potrebbe puntare verso di esso se non lo fosse. Dal punto di vista della navigazione il Nord Magnetico, come etichettato erroneamente in origine, rende perfettamente il senso e non genera confusione, questo è il perché nessuno ha mai insistito a rinominare.

Il primo riferimento scritto su un oggetto magnetizzato usato come "trovatore di direzione" è cinese, circa nel 1040 DC.

La bussola magnetica di oggi, con il suo piccolo cuscinetto a "tazza", imperniato su un punto, appare nell'Europa Medioevale intorno al 1500 DC. A parte la Bohli, la configurazione base della maggior parte delle bussole è rimasta invariata da allora (vedere Figura 25 e 26).

Meccanicamente lo strumento potrebbe essere appena più semplice, nonostante la natura della forza che lo fa funzionare. Una scala circolare dei valori di prua relativamente pesante è fissata al magnete (vedere Figura 26) e, nelle latitudini settentrionali, in una posizione tale che il loro baricentro combinato si trovi sotto e leggermente a sud di dove è imperniato. Questo aiuta a compensare la naturale tendenza dell'ago di rispondere agli angoli di inclinazione (dovuti alla componente verticale del campo magnetico terrestre - come vedremo più tardi). Le bussole a liquido aeronautiche (vedere Figura 25) sono riempite con liquido per smorzare le oscillazioni, tremolii, ed altri vari bruschi movimenti, ma malgrado, o forse a causa di ciò, loro possono prendere diversi secondi per capire su quale prua era stata fermata la manovra. La cassa dello strumento non è magnetica; oggi giorno fatte di perspex o plastica oltre che con i tradizionali materiali come alluminio od ottone.

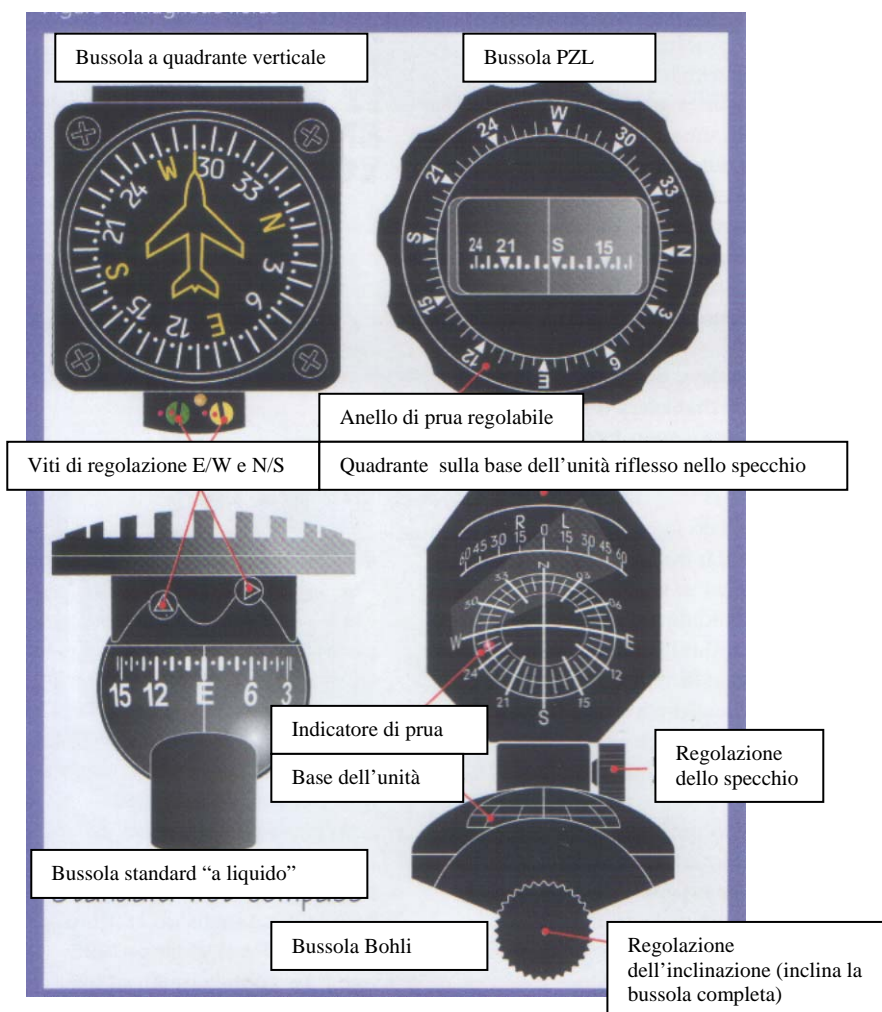


Figura 25. Bussole impiegate nel Volo a Vela

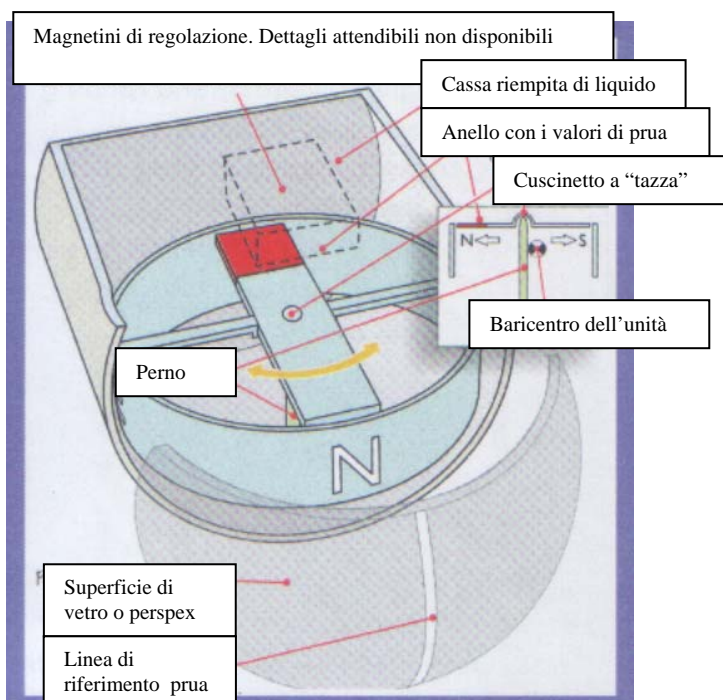


Figura 26. Bussola base

6. 1 La deviazione.

Il campo geomagnetico è esteso ma non particolarmente forte. Inoltre esso fluttua anche, e non è il solo campo magnetico presente. Il genere umano ha creato una carrettata di sovversivi extra! Per esempio, i motori elettrici creano forti campi magnetici locali. Installare una bussola vicino ad un viro-sbandometro farà sì che, volando dritti, si leggerà una prua quando lo strumento è spento, ed una completamente diversa quando lo strumento è acceso.

Qualunque cosa fatta con materiale ferroso, esempio la leva di comando del carrello, il comando di chiusura della capottina, altri strumenti, ecc, e qualunque equipaggiamento elettronico, incluso radio ed altoparlante – anche i cablaggi sul cruscotto – distorceranno il campo geomagnetico locale e daranno errori nella lettura della bussola. Questi possono essere anche molto grandi, ma anche se non ce ne sono, una bussola non registrabile del tipo di quelle usate dagli escursionisti, se usata in aliante potrebbe sembrare impazzita.

Le bussole semplici non possono venire corrette per questi errori, diversamente da quelle progettate per l'impiego in ambiente magnetico "che distrae" come quello di un aeroplano od una nave. Un cacciavite non magnetico od un altro attrezzo speciale viene impiegato per alterare l'orientamento di due o più magnetini di regolazione, i quali, in realtà, piegano il locale campo nella forma geomagnetica "corretta".

Questa parte di "Compensazione della Bussola" e la relativa procedura la vedremo più avanti.

La compensazione di solito non libera di tutti gli errori – quelli che rimangono sono gli errori di Deviazione o "Deviazione Residua", i cui valori vengono riportati su un apposito cartoncino apposto vicino alla bussola – e funziona solo quando la fonte degli errori è permanente; così il problema posto dal viro-sbandometro non sta nella scelta di uno strumento più o meno invadente come campo magnetico, ma di montare i due strumenti ben distanti tra loro.

La forza del campo segue la legge del quadrato, esempio: tre volte distante, nove volte più debole, ma a causa delle dimensioni del pannello strumenti la distanza può non essere grande.

6. 2 La declinazione.

Il Nord Vero (Geografico) si trova dove l'asse di rotazione della Terra esce in superficie, e dove le linee della longitudine (meridiani) si incontrano (vedere Figura 27).

A differenza del Nord Vero, il Nord Magnetico ed il suo polo sono alla deriva (vedere Figura 28) sulle correnti convettive dentro il cuore esterno semi-liquido della Terra. Si è convenuto che non è una buona idea basare una carta di navigazione su una caratteristica che non si può tenere ferma ed ancorata ai poli geografici, ed anche alle linee di longitudine e latitudine che formano il reticolo di riferimento permanente, sebbene artificiale, che avvolge il mondo.

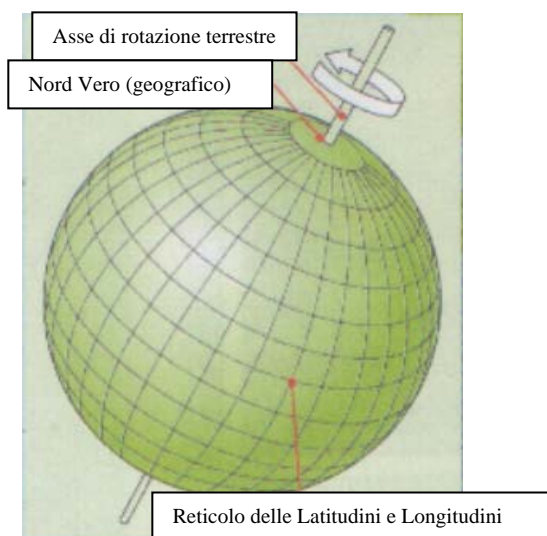


Figura 27. Nord Vero (Geografico)

La Declinazione è la differenza in gradi tra il Nord Vero e quello Magnetico, ed il suo valore dipende da dove si riferisce a dove loro si trovano, ed a qualunque fluttuazione nella direzione del campo geomagnetico locale – vedere la carta delle isogone (linee di eguale variazione) del 2000 in Figura 29.

Nelle carte 1:500,000, le linee tratteggiate blu collegano i punti di uguale declinazione magnetica, e riportano il valore in gradi e la direzione (W od E). Questi valori sono validi solo per l'edizione della carta (data di emissione).

Nella pianificazione convenzionale del volo, la rotta viene disegnata su una carta aeronautica e la rotta Vera viene misurata tramite goniometro centrato sulle linee della latitudine e della longitudine. Dato che la rotta vera e quella Magnetica non sono uguali – eccetto lungo l'isogona 0° (vedere Figura 29) – navigare tramite bussola comporta la conversione della rotta vera in magnetica.

La regola mnemonica: "Declinazione Est, magnetica meno. Declinazione Ovest, magnetica più" aiuta a ricordare se sottrarre od aggiungere la declinazione alla rotta vera.

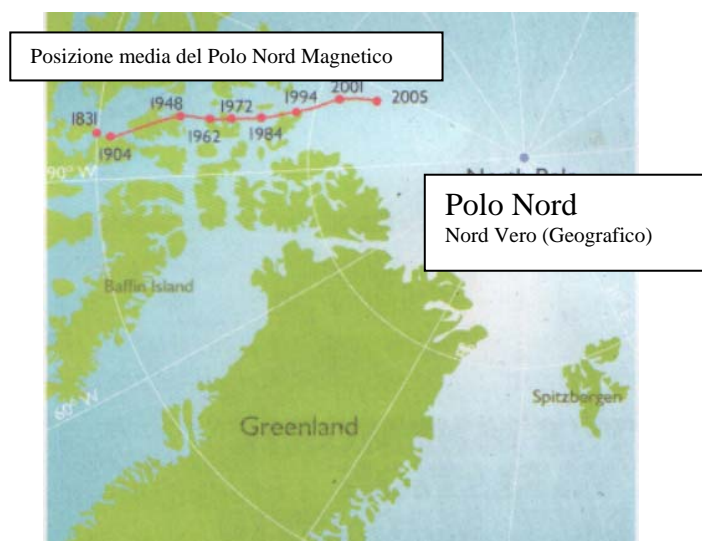


Figura 28. Spostamento del Nord Magnetico

L'odierna variazione in UK (ed anche qui da noi, in Italia) è Ovest, per cui il Nord magnetico è fisicamente a sinistra del Nord Vero (vedere Figura 28), in altre parole, se si vola per 0° magnetici il Nord Vero si trova a destra.

6.3 Angoli di inclinazione o deflessione verso il basso.

Dato un decente rateo di virata, la bussola leggerà correttamente solamente due volte durante ogni giro. Per la maggior parte del resto del tempo essa è davanti od indietro rispetto alla prua corretta, occasionalmente ruotando in direzione opposta al senso della virata, e qualche volta bloccandosi.

Questo problema è attinente all'angolo di inclinazione o deflessione verso il basso (vedere Figura 30). Le linee del campo geomagnetico corrono parallele alla superficie terrestre solo all'equatore (vedere Figura 24). In ogni altro punto loro piegano verso il suolo con una pendenza che diventa sempre più ripida avvicinandosi ai poli magnetici, dove vanno direttamente giù. Per questa ragione e perché la bussola magnetica cerca sempre di allinearsi con la direzione del campo locale, ogni pendenza maggiore ai 20° fa sì che l'anello indicante la prua si incastri alla cassa. Risultato, la bussola magnetica non è utilizzabile vicino ai poli. La bussola si può anche bloccare anche quando la somma della deflessione e dell'inclinazione in virata è maggiore di 90°, e questo accade quando più vicino si è ai poli magnetici anche con valori di inclinazione bassi.

La bussola è anche influenzata dalle accelerazioni. Con una rotta Est/Ovest la bussola si inclinerà e ruoterà come illustrata in Figura 31B. In caso di decelerazione, si comporta come illustrato in Figura 31C. Mentre non ci saranno variazioni su una rotta Nord/Sud. Lo strumento si comporta esattamente come in virata, dipendendo dal rapporto tra il piano magnetico (angolo di deflessione), l'angolo di inclinazione e l'accelerazione coinvolti.

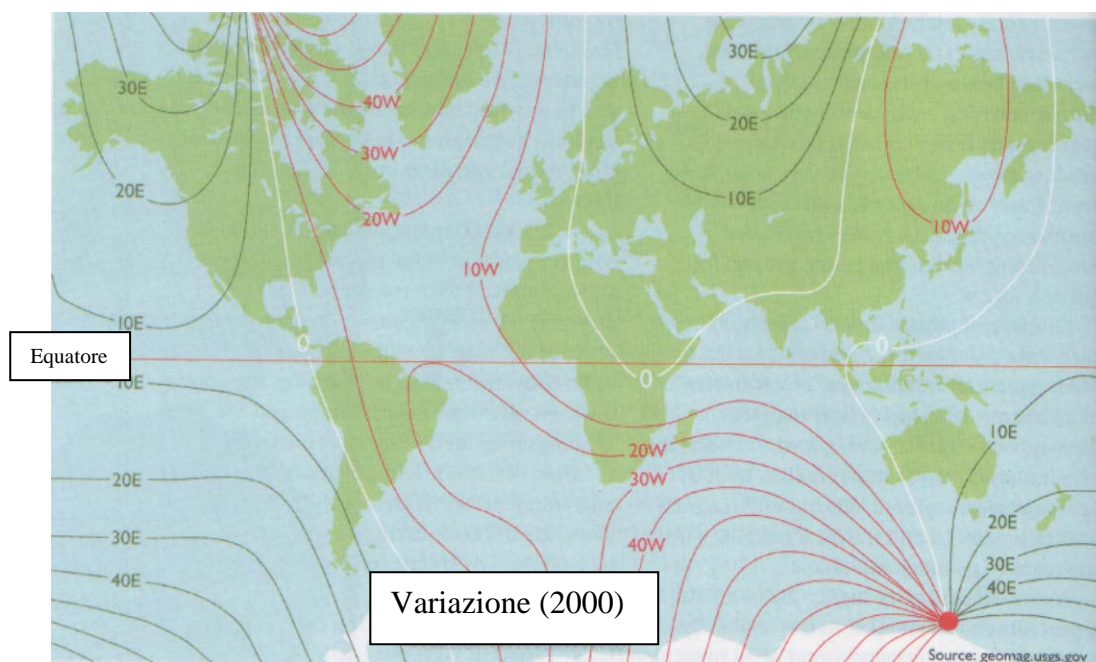


Figura 29. Variazione Mondiale della Declinazione Magnetica, Anno 2000

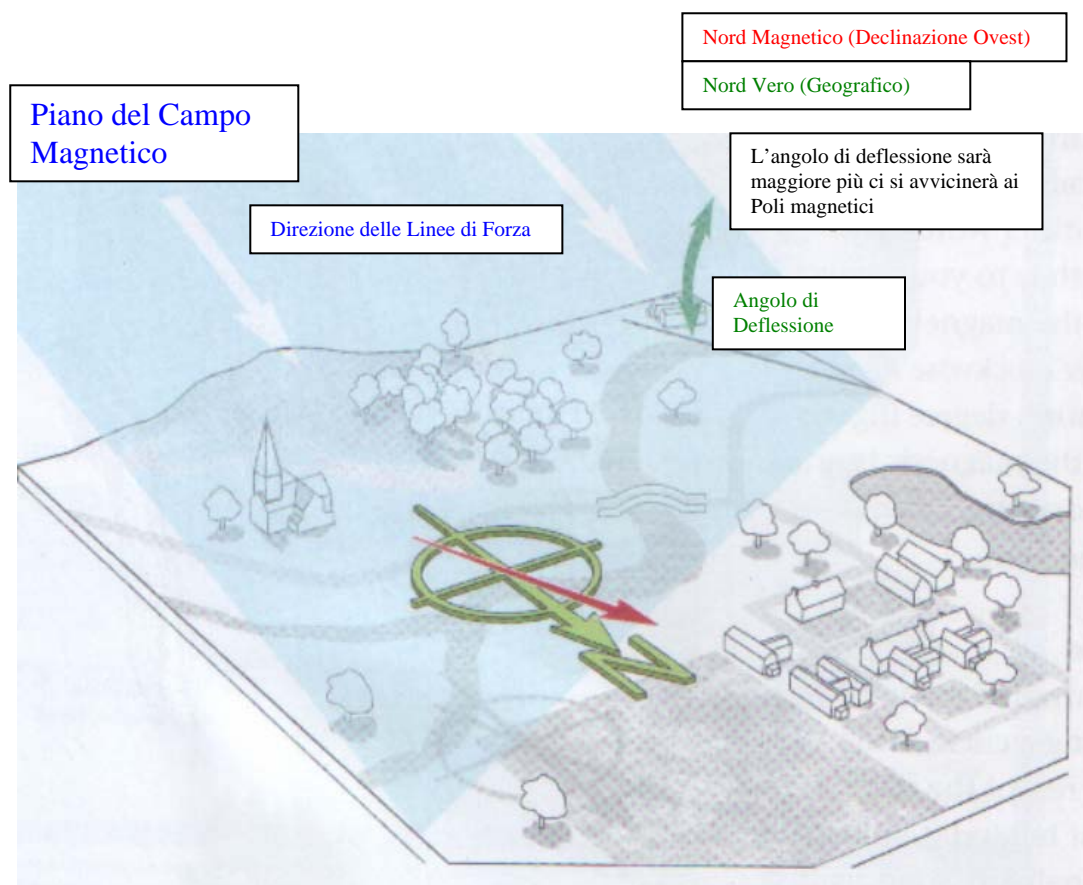
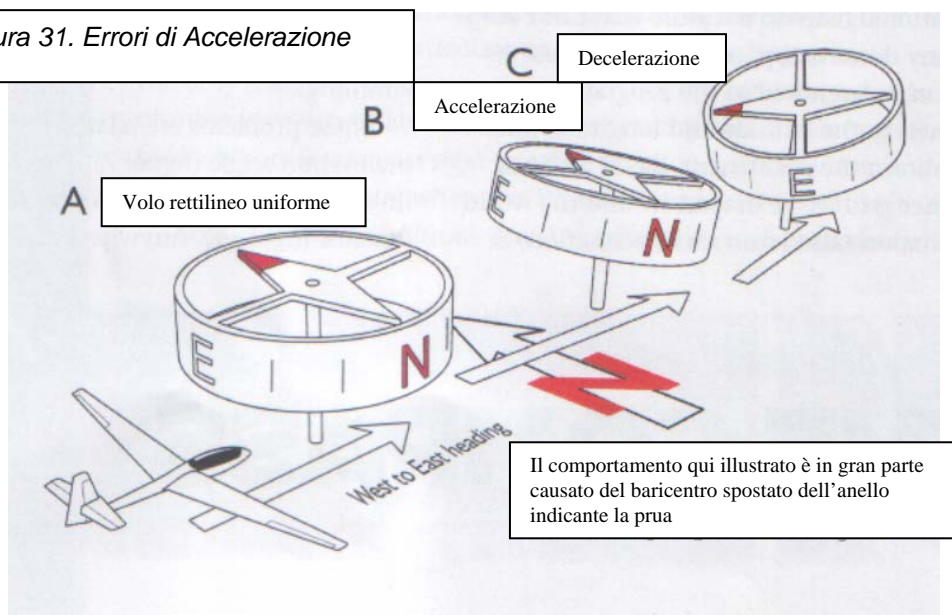


Figura 30. Angolo di Deflessione

Figura 31. Errori di Accelerazione



Uscire per prua predeterminata quando si sta volando in nube è realmente frustrante, ma si può aggirare il problema. Quando il rateo di virata è costante e l'inclinazione non è eccessiva, il bizzarro comportamento della bussola dimostra essere notevolmente consistente. Facciamo l'esempio di virare a sinistra e come si attraversa la prua che si vuole assumere, la bussola si ferma e poi inizia a girare dalla parte opposta – prima di entrare in nube controllate il suo comportamento con un riferimento visibile a terra lungo la rotta designata – così si viene a sapere quando raddrizzare. Se si fa in modo corretto si dovrebbe uscire abbastanza vicino al valore desiderato.

6.4 La Bussola Bohli.

E' stata inclusa la Bohli in questa parte (vedere Figura 32) perché, anche se il costruttore originale non le produce più e/o le ripara, il suo progetto innovativo la rende libera dalla maggior parte degli errori che rendono la vita difficile agli altri tipi, ed essa è costruita senza ricorrere a sofisticata elettronica e a quel tallone d'Achille della moderna strumentazione che è la batteria. La Bohli non è senza inconvenienti. Il suo impiego è ristretto a zone dove l'angolo di deflessione è compreso tra i 40° ed i 75°, il che taglia fuori la maggior parte del Sud America e larga parte dell'Africa ed una differente unità è necessaria per le Latitudini Meridionali.

A parte alcune caratteristiche uniche, la sua chiave è nella culla orientabile che supporta il magnete (vedere Figura 32), e dal fatto che durante una virata l'intera unità può venire ruotata per farla stare verticale in relazione all'orizzonte, come nella sequenza di Figura 33. Il magnete e l'indicatore di prua girano sul loro centro di gravità combinato ed anche su quello della seconda culla, così che, quasi incurante di cosa l'aliante fa, il magnete rimane allineato con la direzione del campo magnetico. Questo rende immune la Bohli agli errori di accelerazione, come invece le altre bussole.

Lo strumento indica anche prua magnetica durante una virata, con l'indicatore di prua che descrive un cerchio intorno alla cupola di lettura prua. Associando la sua caratteristica di non avere contraccolpi, fa sì che questo strumento possa venire impiegato come un viro-sbandometro. Essendo così efficace, esso è bandito dalle competizioni importanti nei paesi dove il volo a vela in nube è proibito!

Allora perché rompersi le scatole con una bussola magnetica quando un GPS è molto più accurato?

- 1) la bussola magnetica non ha batterie
- 2) non può venire spenta da un capriccio, come la rete GPS, la quale è controllata dalle Forze Armate Americane
- 3) legalmente si è obbligati averne una a bordo, anche se solo come riserva.

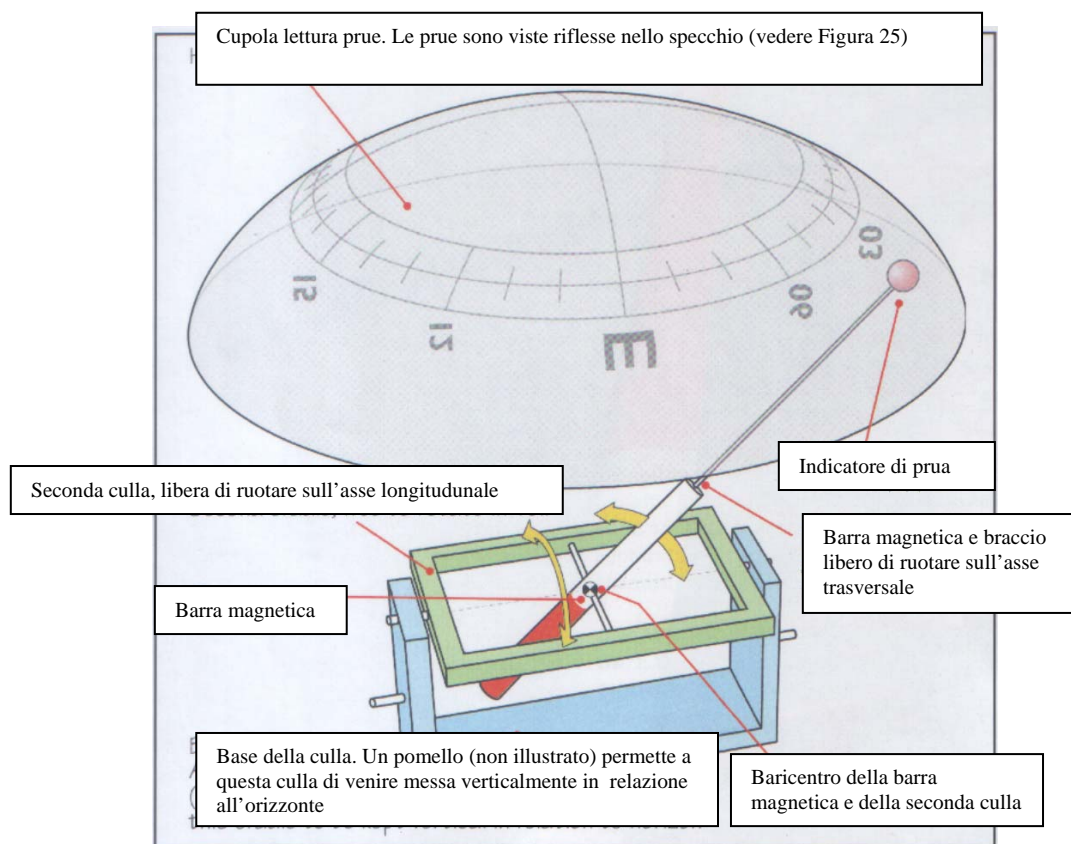


Figura 32. Bussola Bohli in sezione

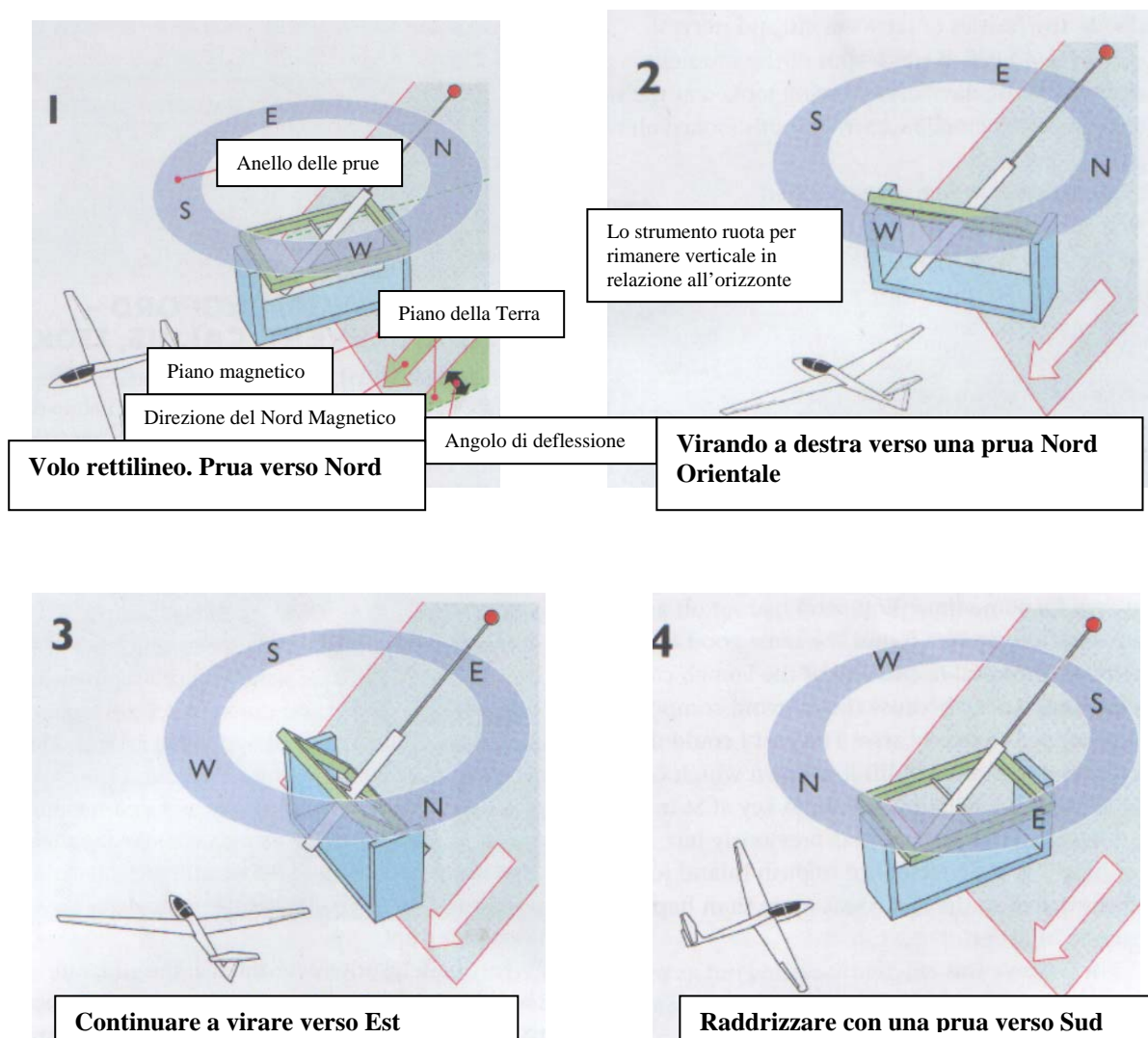


Figura 33. Indicazione della Prua sulla Bussola Bohli

7. Il Variometro.

Parlando in generale ci sono due tipi di variometro; quelli che misurano il flusso generato dal cambio di pressione che avviene quando un aliante sale o scende in un complessivo capacità/statica (vedere Figura 34), e quelli che misurano direttamente i medesimi cambi di pressione. La distinzione è leggermente arbitraria in quanto non tutti i variometri meccanici misurano il flusso come tale (esempio quelli a banda attorcigliata), ma io ho preso la definizione “variometro a flusso” per indicare quelli che lavorano solo se sono collegati ad un impianto capacità/statica. Di solito i variometri misuranti il flusso sono meccanici, mentre quelli che captano la pressione, elettronici.

7.1 Capacità e Statica – Variometri a Flusso.

La capacità è un ampio recipiente con una singola uscita alla presa statica del variometro attraverso il variometro. Il flusso si sposta sempre da una pressione più alta verso una più bassa, così quando l'aliante sale e la pressione statica (ambiente diminuisce), il flusso d'aria si muove dalla capacità verso la statica (vedere Figura 34). Il flusso si muove in senso opposto quando l'aliante scende.

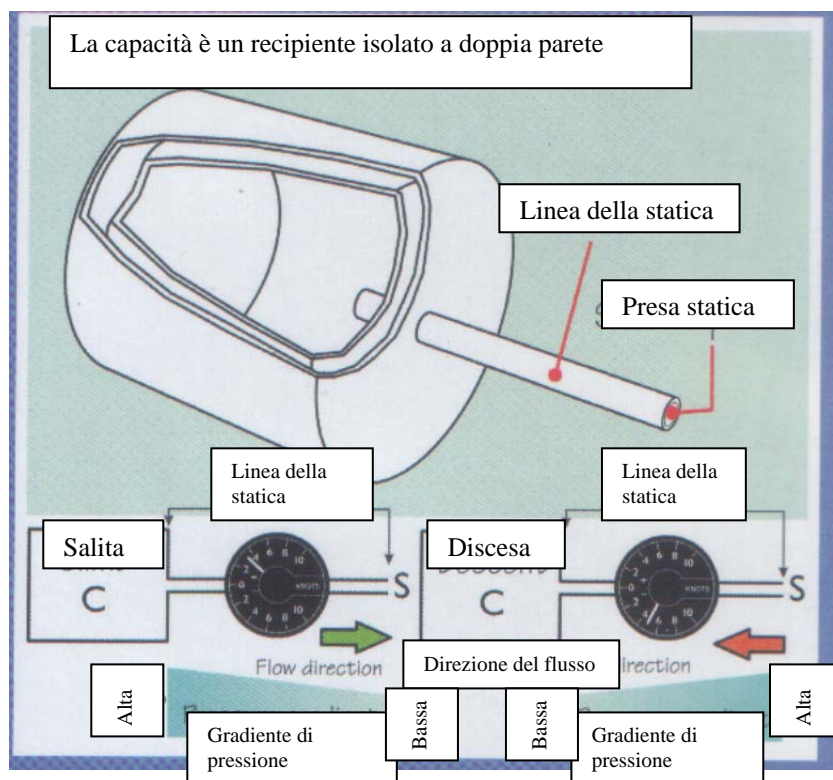


Figura 34. Variometro a flusso

Il flusso è un effetto secondario. La pressione cambia ad un'estremità o all'altra dell'impianto, e l'aria deve iniziare a muoversi prima che un variometro basato sul flusso possa misurare qualcosa. In aggiunta, lo strumento lavora tramite la restrizione del flusso in un verso o nell'altro. Il risultato è che c'è sempre un ritardo tra cosa accade in quel momento e quando registra lo strumento – lungo o corto questo ritardo dipende da come è fatto il variometro e come è installato sull'aliante.

Non c'è alcun verso di aggirare la cosa, ma non rende il variometro insensibile. I migliori possono accuratamente misurare ratei di salita di 0.1 kt (10 ft/min) - spostamenti leggermente più piccoli della larghezza della lancetta della maggior parte dei variometri. Il “soffio” che produce la lettura, anche quando i ratei di salita o discesa sono piuttosto alti, è breve, ma il prezzo per tale sensibilità è che è facile fare confusione con le letture.

L'installazione è delicata, nell'accoppiamento dei vari componenti. Per esempio: un variometro collegato ad una capacità di volume più grande o più piccola di quella per cui è stato progettato, rispettivamente sovra-indicherà o sotto-indicherà, sarà solo preciso quando leggerà zero perché niente gradiente di pressione quindi niente flusso.

I cinque contenitori d'acqua sezionati in Figura 35 sono analoghi all'impianto capacità/statica. Un flussometro collegato a ciascun tubo d'uscita leggerà un diverso rateo. A e B rappresentano rispettivamente un gradiente di pressione basso ed alto, ed in virtù della più alta pressione il flusso in uscita da B sarà maggiore di quello uscente da A. I contenitori da C ad E contengono acqua alla medesima pressione iniziale ma con i tubi di uscita di diametro sempre più piccoli in direzione della freccia.

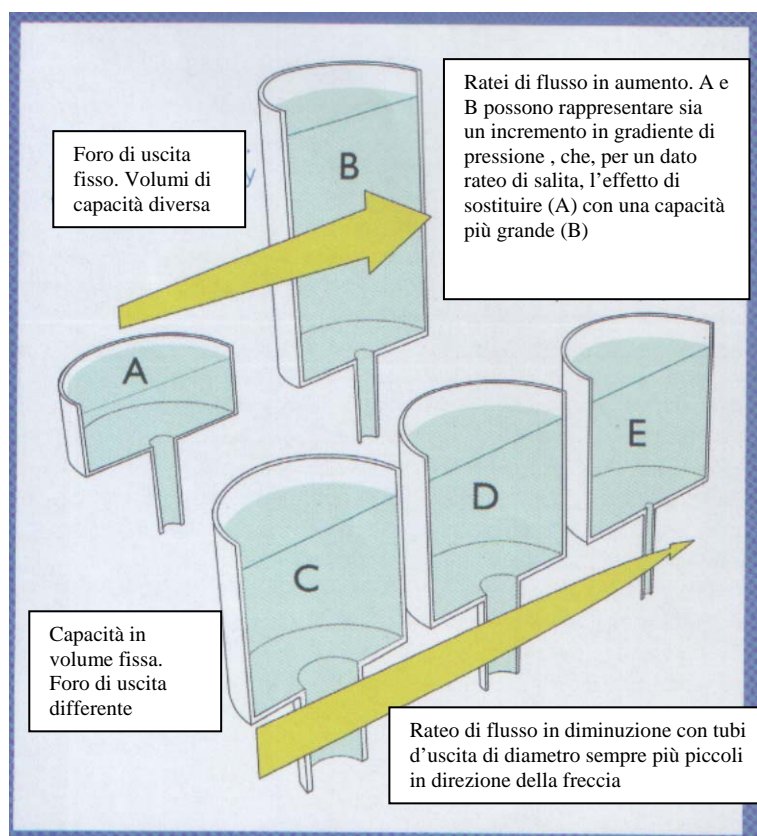


Figura 35.

I diametri interni standard delle tubazioni impiegate nella strumentazione degli alianti sono di 5 mm. Ciò potrebbe sembrare piccolo, ma lavora perfettamente bene per le velocità (realmente massa e velocità) alla quale l'aria di solito fluisce nell'impianto capacità/statica. In quel diametro, i sempre presenti effetti dello strato limite tra il flusso e la parete del tubo sono insignificanti. Di norma loro non dovrebbero apparire in C ed in D, ma se la linea della statica ha un diametro marcatamente più piccolo come in E, loro iniziano a manifestarsi; riducendo il rateo del flusso ed incrementando non linearmente la differenza tra la pressione statica e quella della capacità.

Quando si preparano i collegamenti alla strumentazione, se l'operazione viene svolta negligenemente i risultati si andranno a scoprire molto più avanti, esempio se accidentalmente si strozza la linea della statica in qualche passaggio. Quello che è accaduto non verrà notato fino a quando, in volo, si scoprirà che, incurante dell'attuale rateo di salita o discesa, c'è un ritardo molto grande prima che lo strumento indichi. Per giunta lo strumento continuerà a mostrare la salita o discesa dell'aliante anche quando questa si è fermata.

Variazioni di temperatura dell'aria fanno sì che essa si espanda o contragga. Di conseguenza la capacità, che contiene il volume d'aria più grande nell'impianto, è alloggiata in un posto buio come nella parte posteriore della fusoliera o sotto il pannello strumenti.

In funzione del rateo di salita o discesa, l'aria nell'aliante ed il materiale con il quale è fatta la capacità sarà di solito fredda all'incirca come quella circostante. Ma con un alto rateo di salita o discesa, una capacità non correttamente isolata può facilmente diventare più calda o più fredda che l'aria contenuta nel suo interno, sebbene temporaneamente. Questo cambierà la temperatura dell'aria nella capacità e la risultante espansione o contrazione altererà la pressione ed il rateo del flusso d'aria. Per risolvere questo problema basta di solito avvolgere la capacità in un involucro di schiuma di poliuretano o qualcosa di simile, o fornendogli una doppia parete con vuoto in mezzo, come nel thermos illustrato in Figura 36.

7. 2 Variometro a tubo.

Raramente visti in questi giorni, eccetto in qualche aliante "vintage", il Cosim fu uno dei primi variometri a flusso (vedere Figura 36) (parliamo della fine degli anni '20). Il flusso è un rateo di qualcosa. Per misurarlo si deve confrontare un valore "del momento" con almeno un altro "passato", sia esso di un millisecondo od un ora fa. Per fare questo necessita di una "memoria", che la maggior parte dei variometri meccanici non ha. Invece l'impianto statica/capacità ce la ha.

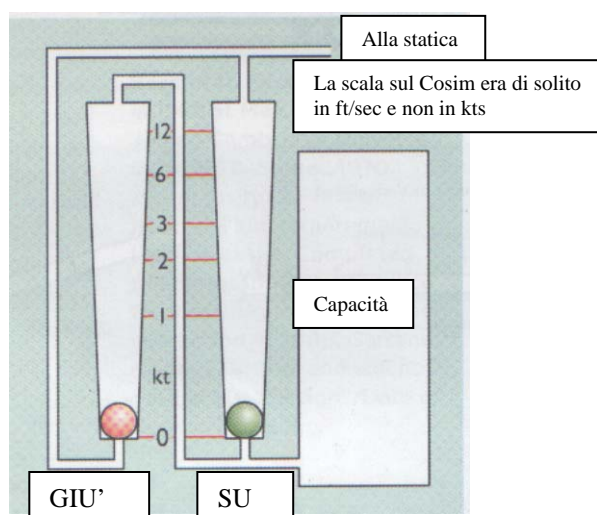


Figura 36. Variometro a tubo – Cosim

In qualunque dato momento, la pressione nella capacità sarà quella che era alla statica poco prima. Un leggermente bizzarro comportamento del variometro, forse, ma è il principio fondamentale di come esso lavora – esso crea un gradiente di pressione.

Nel Cosim due tubi rastremati, ciascuno contenete una piccola sferetta colorata, sono collegati ad una capacità ed ad una statica, come illustrato in Figura 36. durante una salita, il flusso verso l'esterno dalla capacità spinge la sferetta rossa verso il basso tappando l'uscita alla statica del tubo, ma aprendo l'altro spingendo la sferetta verde verso l'alto. Durante una discesa, l'aria fluisce verso la capacità, spingendo la sferetta rossa su e la sferetta verde giù.

I tubi rastremati agiscono come una apertura variabile, e proprio per come è fatta l'area anulare tra la sfera e la parete del tubo fa sì che la scala del rateo di salita/discesa della sferetta non è lineare, come si vede dall'illustrazione, e come anche non si presta all'installazione dell'anello di Mac Cready. Le risposte dello strumento sono anche molto lente.

I variometri Winter (vedere Figura 37) e PZL funzionano tramite una paletta, e sono i variometri che la maggior parte dei piloti di volo a vela conoscono. I variometri a paletta rispondono alla massa e velocità dell'aria che li attraversa, cioè alla quantità di moto.

L'aria fluisce dentro o fuori lo strumento tramite le tubazioni che lo collegano alla statica e alla capacità, le quali si connettono allo strumento tramite due raccordi posti sul lato posteriore della cassa e passano nella parte posteriore del complessivo della camera della paletta.

Durante il suo percorso – in ingresso od in uscita – l'aria fluisce dentro la cassa, seguendo il percorso descritto in Figura 37.

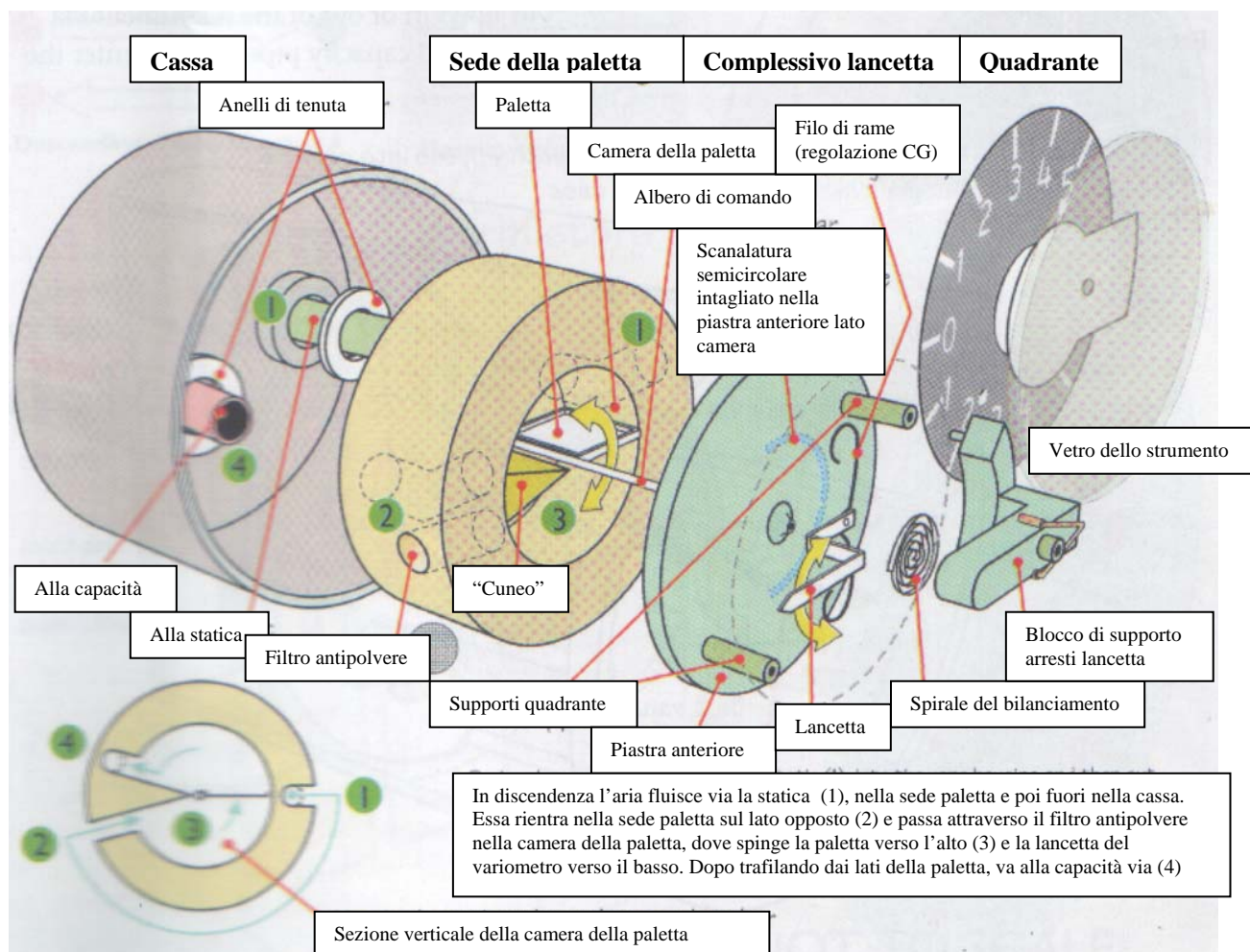


Figura 37. Meccanismo del Variometro a flusso

Diversamente dalle sferette del Cosim, la luce di trafilamento tra la paletta e la parete della camera rimane costante qualunque sia la posizione della paletta. C'è una scanalatura in due parti a sezione semicircolare sulla piastra anteriore (vedere Figura 37) che aumenta gradualmente in profondità dal lato "giù" al lato "su", e che dovrebbe agire come un trafilamento variabile. Noncurante di questi trafilamenti, il grado di deviazione della lancetta nel quadrante viene in gran parte comandato dalla tensione nella spirale di bilanciamento, che anche riporta la lancetta a zero quando non c'è flusso. Un problema ricorrente con molti strumenti aeronautici è l'involontaria misurazione di accelerazioni.

Ad eccezione del G-metro, gli altri strumenti dovrebbero ignorare i carichi di manovra ma non lo possono fare se il baricentro della(e) lancetta(e) nel quadrante ed ogni altra cosa attaccata ed essa(e) non è allineata con l'asse centrale del loro reciproco albero di comando (vedere Figura 38).

Nel variometro Winter il baricentro (CG) del complessivo lancetta/paletta è regolabile tramite la piegatura di un filo di rame di forma particolare.

Da notare che tutte le lancette degli strumenti sono bilanciati nel medesimo modo per le medesime ragioni.

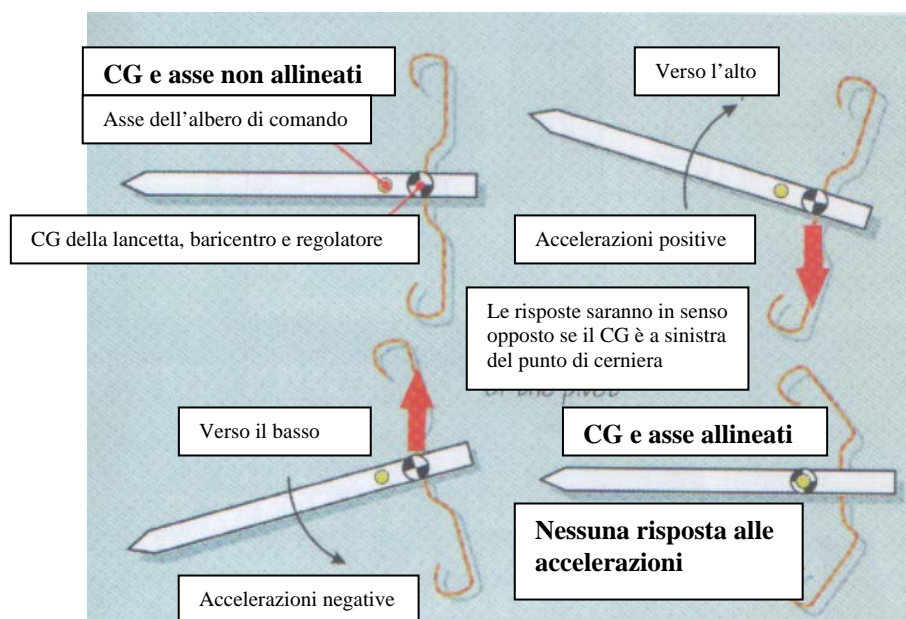


Figura 38. Risposta alle accelerazioni

7.3 Variometro a banda attorcigliata.

Invece di una paletta interna, alcuni variometri impiegano una banda attorcigliata pre-tensionata – una striscia molto sottile di acciaio per molle (vedere Figura 39) – e una capsula aneroide con un foro capillare. Questi variometri non misurano il flusso come gli altri, ma la variazione di pressione attraverso il foro capillare.

La linea dalla capacità entra nella capsula, mentre la linea dalla statica entra nella cassa dello strumento. Quando l'aliante sale, per esempio, il flusso dalla capacità entra nella capsula, ma deve passare attraverso il foro capillare per entrare nella cassa, e da lì alla statica. Il foro capillare restringe il flusso e questo cambia la pressione interna della capsula – non permanentemente perché il trafilamento è continuo.

In funzione della direzione del flusso, la capsula si espande leggermente come la sua pressione aumenta, o si contrae se essa scende. La banda attorcigliata – con una estremità rigidamente fissata alla capsula e l'altra alla lancetta e sotto una discreta tensione – si avvolge o si disavvolge di un certo valore e muove la lancetta.

Questo tipo di variometri sono costruiti, o sono stati costruiti, dalle ditte Bohli e Sage. L'illustrazione è genericamente basata su un variometro Bohli, ma non c'è nessuna grande differenza nel loro modo di operare. Una caratteristica non comune di un modello della Sage è che esso include un mediometro meccanico.

7.4 Variometri elettronici.

Andando avanti con gli anni, i piloti d'aliante sono diventati più esigenti con i loro variometri, volevano maggior sensibilità, meno ritardo, e, più efficacia, un grande numero di altre cose come mediometro, la segnalazione acustica ed altre funzioni. Malgrado alcuni svantaggi, i variometri elettronici possono fornire quanto richiesto perché loro possono fare cose che la strumentazione analogica non può fare facilmente, o non può fare, e sono relativamente economici.

Il grosso vantaggio della strumentazione elettronica è che essa può misurare sbuffi incredibilmente deboli ed incredibilmente rapidi.

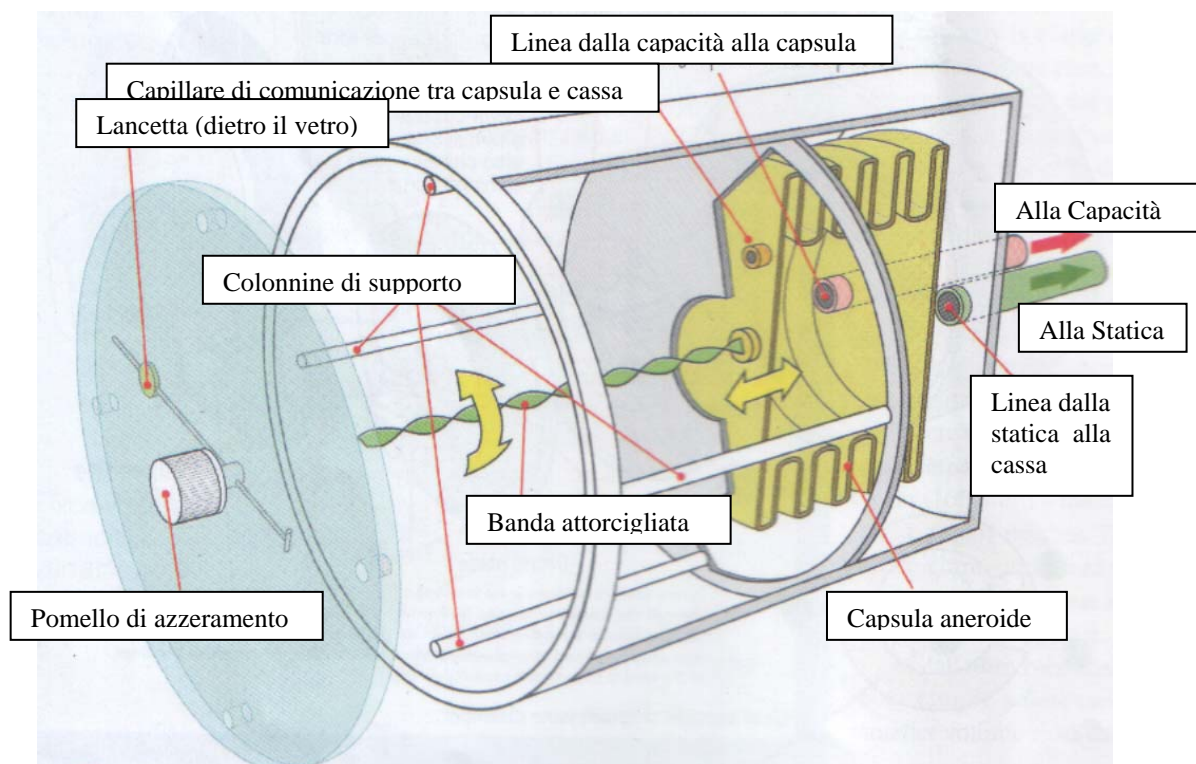


Figura 39. Variometro a banda attorcigliata

7. 4.1 Trasduttori.

Nel cuore di molti strumenti elettronici ci sono dei trasduttori. La parola trasduttore significa “trasmettere attraverso”, indicando che la sua funzione è di trasformare un tipo di energia in un'altra. Per esempio un microfono è una specie di trasduttore a pressione che comprende un diaframma, un magnete ed una bobina; una combinazione progettata per convertire il suono/pressione in segnali elettrici. Invertendo il processo abbiamo l'altoparlante.

7. 4. 2 Variometro Crossfell e termistori.

La maggior parte dei più comuni trasduttori impiegati nei moderni strumenti per alianti converte le variazioni di pressione in variazioni di resistenza elettrica. Meno comune è il termistore, un trasduttore nel quale la resistenza varia con la temperatura.

Il variometro Crossfell (siamo nel 1960) fu uno dei primi ad impiegare i termistori per misurare il flusso, ed era l'anello di congiunzione tra il variometro analogico e quello elettronico, essendo un po' di tutte e due. Esso fu uno dei primi variometri ad avere l'acustico.

Costruttivamente si componeva di due termistori installati allineati in un piccolo tubo (vedere Figura 40), collegati ad una batteria ed ad un voltmetro (il quadrante del vario). Quando si accendeva lo strumento, ambedue i termistori venivano riscaldati fino a circa 100° C. Idealmente loro dovevano avere esattamente la medesima temperatura e resistenza, ed il circuito elettrico – un ponte di Wheatstone – era in equilibrio, con la lancetta sul quadrante indicante zero. Durante una salita, l'aria che fluiva dalla capacità verso la statica raffreddava leggermente il termistore messo “sopravento” il quale incrementava la sua resistenza. L'aria riscaldata poi lambiva il termistore “sottovento” e lo raffreddava, ma non così tanto. La differenza in resistenza tra i due termistori cambiava il circuito di bilanciamento, e defletteva la lancetta in su. Con il flusso in direzione opposta, il bilanciamento si sbilanciava dalla parte opposta, dando la lettura in giù.

La soluzione non era ideale, diciamo pure, e i termistori che si trovavano negli anni '60 che fossero così uguali da poter venire accoppiati erano, per una varietà di ragioni, piuttosto rari. L'azzeramento non era molto stabile.

In ogni caso, non importa di quanto fosse intelligente l'idea, ma nel misurare il flusso inevitabilmente si ha un ritardo – anche se piccolo – ed il miglior modo per liberarsi di questo, o ridurlo a valori dove il pilota non debba lagnarsi, è di ignorare il flusso e misurare le variazioni di pressione direttamente. Questo è quello che fanno la maggior parte dei variometri elettronici.

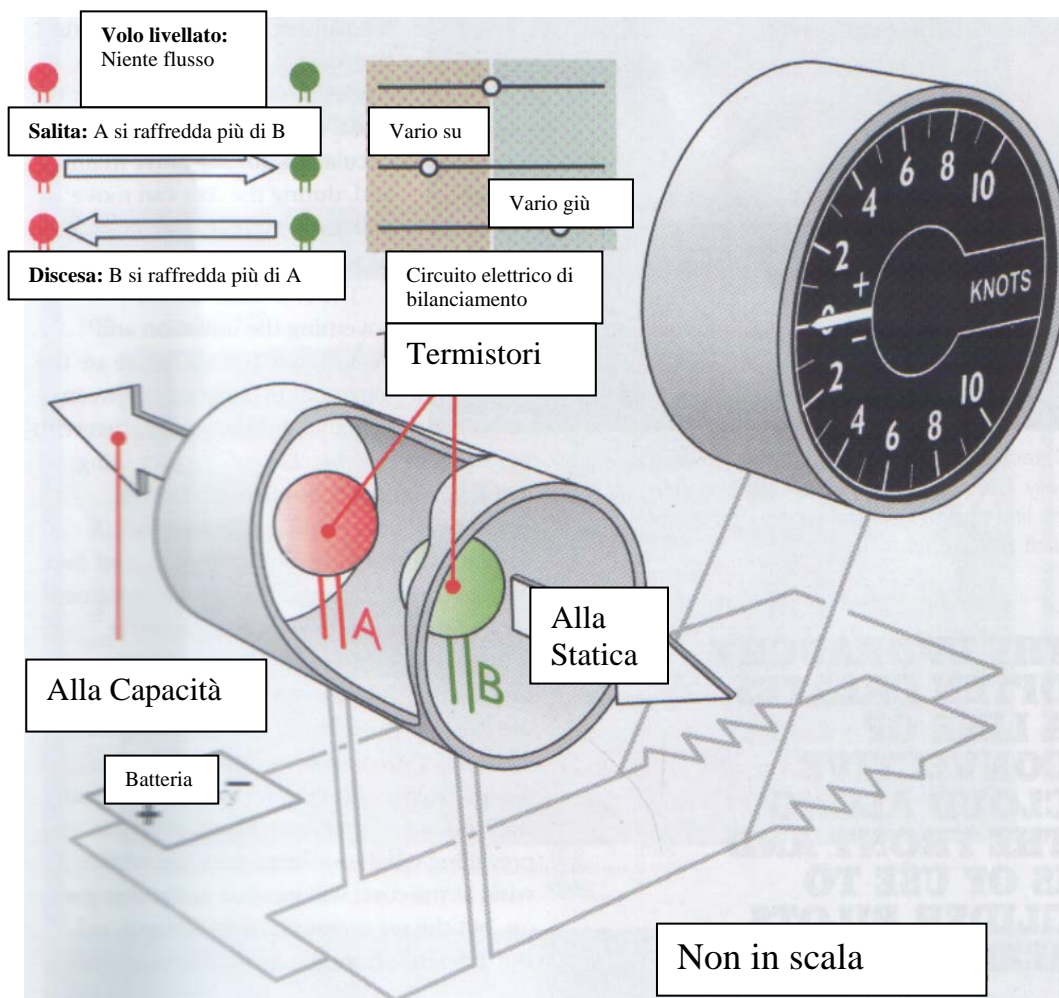


Figura 40. Variometro Crossfell a termistori

Non ogni variometro elettronico ha le medesime funzioni o necessariamente fa le cose nel medesimo modo.

7. 4. 3 Dentro la scatola nera.

Come i loro cugini meccanici, anche i variometri elettronici vengono collegati alla statica – e più spesso al Pitot o alle antenne di compensazione (per compensazione dell'energia totale) – e non hanno avvertibili ritardi. Se hanno uno schermo digitale, non ci sono parti in movimento, così non ci sono attriti od inerzie. Loro sono anche molto più sensibili, e sono in grado di fare molte cose che i variometri meccanici non possono fare.

Perfetti? Non proprio. Il primo e completamente inevitabile intoppo è la capacità di elaborazione delle informazioni del cervello umano. Più veloce può sembrare preferibile, ma non sempre è la cosa migliore. Un variometro elettronico può rispondere istantaneamente a qualsiasi variazione in pressione, non importa quanto piccola o breve, ed anche in aria relativamente calma la lancetta dello schermo danzerà continuamente. Qualunque pilota che faccia completamente affidamento allo strumento ed ignori i segnali sul “fondo schiena” troverà molto difficile distinguere le indicazioni importanti da quelle non importanti. Nel momento che lui decide cosa fare, probabilmente sarà troppo tardi.

I variometri elettronici raramente si comportano come descritto perché i loro progettisti hanno, tramite software e/o hardware, smorzato ogni cosa troppo “nervosa” o “permalosa” che potrebbe disturbare l'utilizzatore. Ironicamente, si è reintrodotta un ritardo. A parte questo, probabilmente, il maggior vantaggio dei più sofisticati variometri elettronici è l'abilità del microprocessore interno di fare calcoli alla velocità della luce.

7. 4. 4 Trasduttori di pressione.

Un trasduttore di pressione (vedere Figura 41) è la versione elettronica della capsula aneroide installata negli strumenti pneumatici.

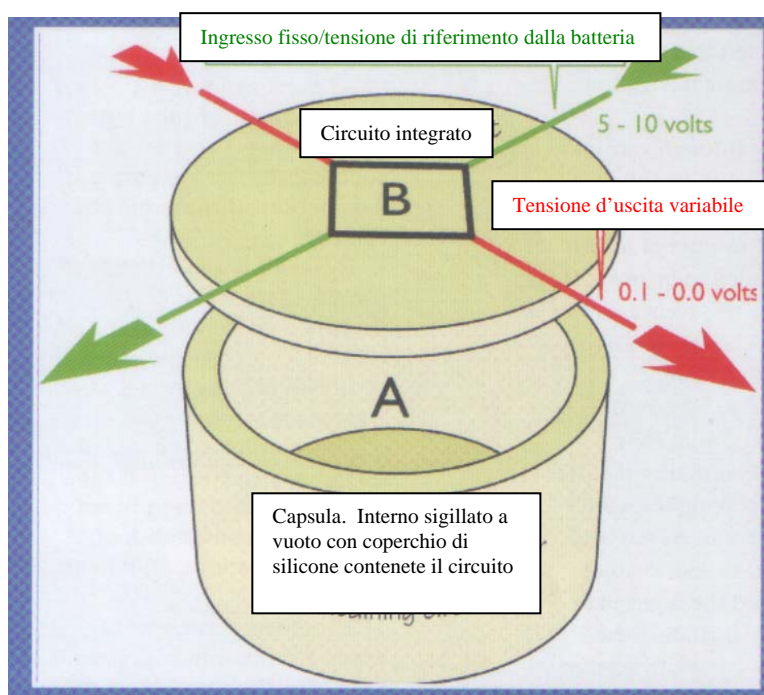


Figura 41. Trasduttore di pressione

Esso utilizza materiali nei quali la resistenza elettrica cambia se vengono piegati o distorti. Una sottile cialda di silicone fa la funzione di coperchio ad una piccola camera a vuoto (A), e contiene un circuito (B) che misura la variazione di resistenza. Notare che (B) rappresenta che cosa il circuito fa, non che cosa assomiglia. Un ingresso fisso/tensione di riferimento compreso tra i 5 e 10 volt (freccia verde) viene applicato a due angoli opposti. Se il trasduttore viene sollevato od abbassato di pochi piedi, o una raffica, crea una breve fluttuazione nella pressione locale, il coperchio della camera si piega, modificando la resistenza e la tensione di uscita (freccia rossa). L'uscita è in funzione dell'altitudine/pressione, e il suo campo va da un piccolo di 0.1 volt al livello del mare ad un non esistente 0.0 volt a 70.000 ft – in orbita terrestre.

Il rumore casuale generato dal supporto della circuiteria cancellerebbe rapidamente questo segnale, così esso viene prima amplificato – di solito con un fattore di circa 25 – usando l'equivalente elettronico di un megafono.

A questo punto si ha un altimetro elettronico basico del tipo di quelli inseriti nel Logger. Per trasformare l'altimetro in un variometro bisogna fare dei calcoli con microcircuiti. La parola può suonare come microprocessori un soggetto attraente e gradevole. Per la maggior parte di noi è un mistero, parzialmente perché, non come gli strumenti meccanici, che cosa accade dentro l'elettronica è completamente invisibile anche quando si apre il coperchio.

Così frustrazioni a parte, c'è un problema tecnico. L'uscita dal trasduttore è un vecchio segnale analogico – un segnale senza giunzioni e infinitamente variabile che riportato su un grafico potrà sembrare come quello rappresentato in Figura 42 A.

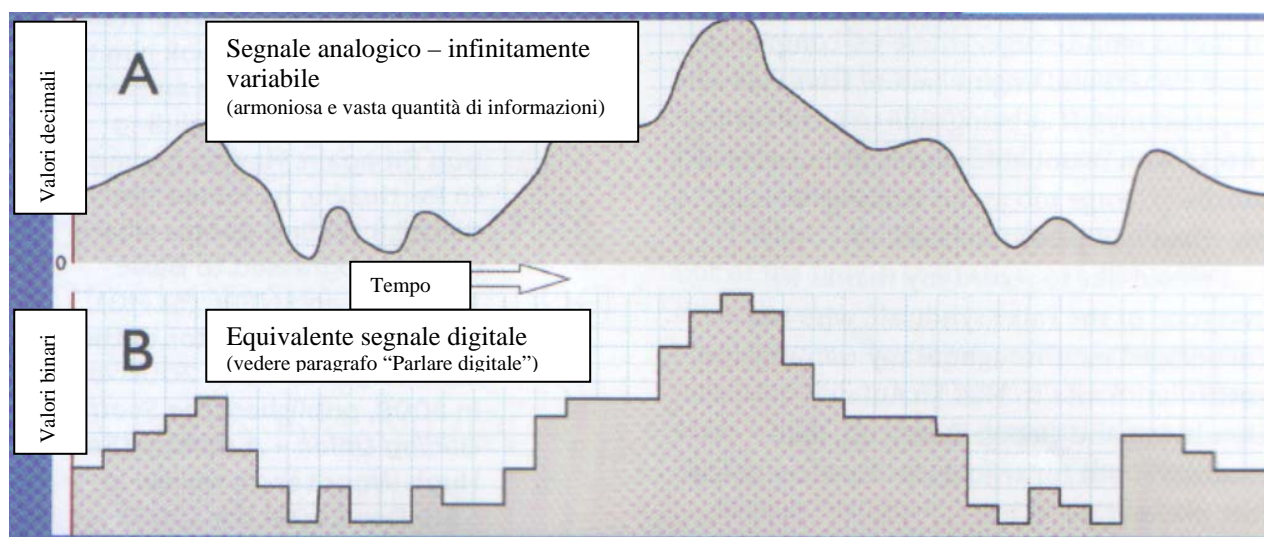


Figura 42. Segnali dal trasduttore

Purtroppo i microprocessori non possono “fare i conti” con i dati analogici, e la loro memoria non può “ricordare” le cose in quella forma. Così a questo punto il segnale d’uscita deve venire convertito in un linguaggio che il microprocessore può capire, e la memoria tenere. Questo è il punto dove molti di noi, comprensibilmente, iniziano a pensare a qualcosa d’altro.

7. 4. 5 Linguaggio binario.

In fondo un comune microprocessore è giusto un interruttore, sia “ON” [1] (illuminato) che “OFF” [0] (scuro). Esso è un dispositivo binario. Binario è il solo linguaggio che il microprocessore capisce. Ogni dato che viene inserito in esso deve venire convertito, senza eccezioni, in numero intero (numeri completi, nessun punto decimale o frazioni) e “scritto” in binario – vedere Figura 43. Esso non risponderà a niente altro.

Linguaggio binario									
8 interruttori (bits)									
1	2	4	8	16	32	64	128	=0	
off	off	off	off	off	off	off	off	= 00000000	
1	2	4	8	16	32	64	128	=1	
ON	off	off	off	off	off	off	off	=10000000	
1	2	4	8	16	32	64	128	=3 (1+2)	
ON	ON	off	off	off	off	off	off	=11000000	
1	2	4	8	16	32	64	128	=73 (1+8+64)	
ON	off	off	ON	off	off	ON	off	=10010010	
1	2	4	8	16	32	64	128	=254 (2+4+8+16 etc)	
off	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	=01111111	

Ciascun bit rappresenta un numero decimale, e ciascun numero è sempre doppio di quello alla sua sinistra. Per tradurre un numero decimale in binario portare su ON tutti i bits il cui totale decimale eguagli il numero voluto, come sopra (il valore binario equivalente è scritto sotto a ciascun totale decimale)

Il numero di bits disponibile determina quanto potete contare. Un gruppo base di 8 bits (come sopra) permette di contare fino a 255. Se si vuole proseguire il conteggio si azzera. Si può contare oltre usando 16 bits (che porta a 32,767), o si può usare un altro gruppo di bits di quante volte si è superato i 255, fino a che non venga riportato a 0.

Figura 43. Linguaggio binario

Rappresentato graficamente, la conversione in digitale di un segnale analogico diventa come in Figura 42 B. Il modulo convertitore analogico/digitale all'interno del microprocessore (vedere Figura 44, complessivo D) prende regolari "istantanee", o campioni, del segnale analogico in ingresso. Ovviamente i due valori devono essere equivalenti (massimo valore in uno deve eguagliare il grandissimo numero nell'altro) ma la traduzione non deve essere letterale. Per esempio: cinque volt del segnale analogico non necessariamente saranno rappresentati da "5" (011) in binario. Il valore in binario dipende dalla "definizione" dell'istantanea, la quale a sua volta dipende da quanti bits sono disponibili per fare la conversione – ed immagazzinarlo. Esso dipende anche da quanto dettaglio è necessario in quel momento.

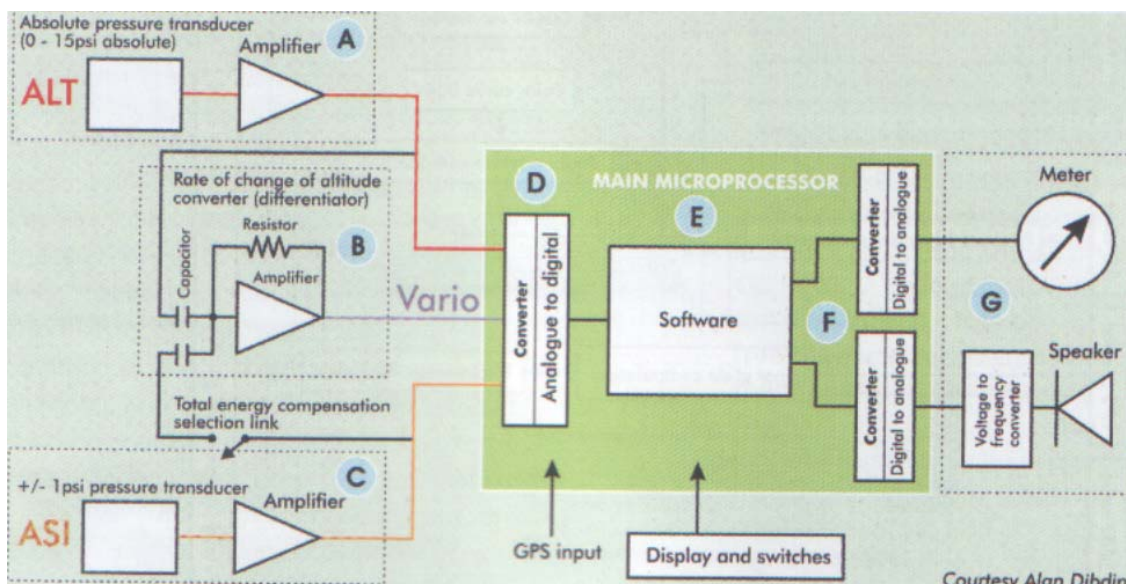


Figura 44. Schema funzionale di un variometro elettronico

Per esempio: con solo 3 bits disponibili (vedere Figura 45) il campo dell'intero segnale analogico che deve venire convertito viene coperto dai numeri da 0 a 7, così c'è una terribile quantità di arrotondamento in eccesso od in difetto da fare. Usando una definizione più alta, diciamo, di 5 bits, il medesimo campo può venire coperto dai numeri da 0 a 31, e con 8 bits darà da 0 a 255. Se necessita uno schermo che indichi solamente se si sale o se si scende, 2 bits possono essere sufficienti. Questa capacità di modificare il "livello di dettaglio" non solo lo rende molto più facile nel pulire in eccesso od in difetto come richiesto, ma significa anche che, quando richiesto, diventi estremamente accurato ed un po' trascurato quando non richiesto.

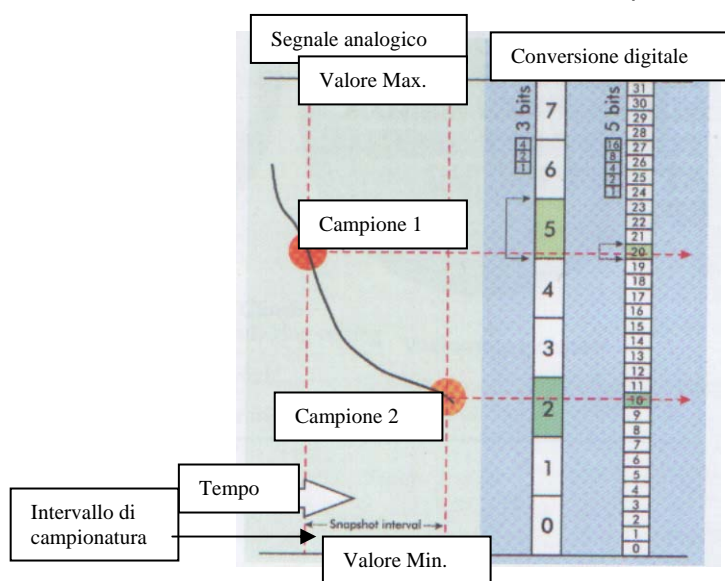


Figura 45. Conversione segnale da analogico a digitale

7. 4. 6 Funzionamento.

Come con molti strumenti elettronici, è il software che dice al hardware come agire, e la maggior parte dei moderni variometri sono comandati dal software. I vantaggi sono che se il software sembra non lavorare in modo corretto, esso può venire riscritto ed anche aggiornato nello strumento. Cambiare l'hardware è di solito più caro e può essere difficoltoso perché su alcuni dei più economici microprocessori imbarcati ogni cosa tende ad essere saldata tra loro.

Il buon funzionamento di un variometro può dipendere dall'ampia estensione della chiarezza logica, e spesso dall'abilità del programmatore.

Una volta che il software ha fatto il suo lavoro, ogni cosa che salta fuori sull'uscita del microprocessore è in linguaggio binario – ed incomprensibile. Prima che un quadrante standard possa mostrare qualcosa, od una unità audio dare un debole segnale (vedere Figura 44, complessivi F e G), il segnale deve venire convertito nuovamente in analogico. In Figura 44 si vede come avviene il processo inverso, con il risultato elettronicamente semplificato di rendere comprensibile quello che diversamente verrebbe mostrato come una serie di sconcertanti movimenti.

Nei variometri elettronici lo schermo a cristalli liquidi nel pannello principale (vedere Figura 46 dove è rappresentato come esempio un variometro Dibdin) è il solo quadrante a venire comandato da segnali digitali. Perché allora non fare in modo che tutti i quadranti vengano comandati da segnali digitali? L'unica ragione è che in generale noi umani troviamo molto più facile valutare "il campo" delle variazioni, impiegando le lancette sugli strumenti, piuttosto che leggere un valore e capire cosa indichi.

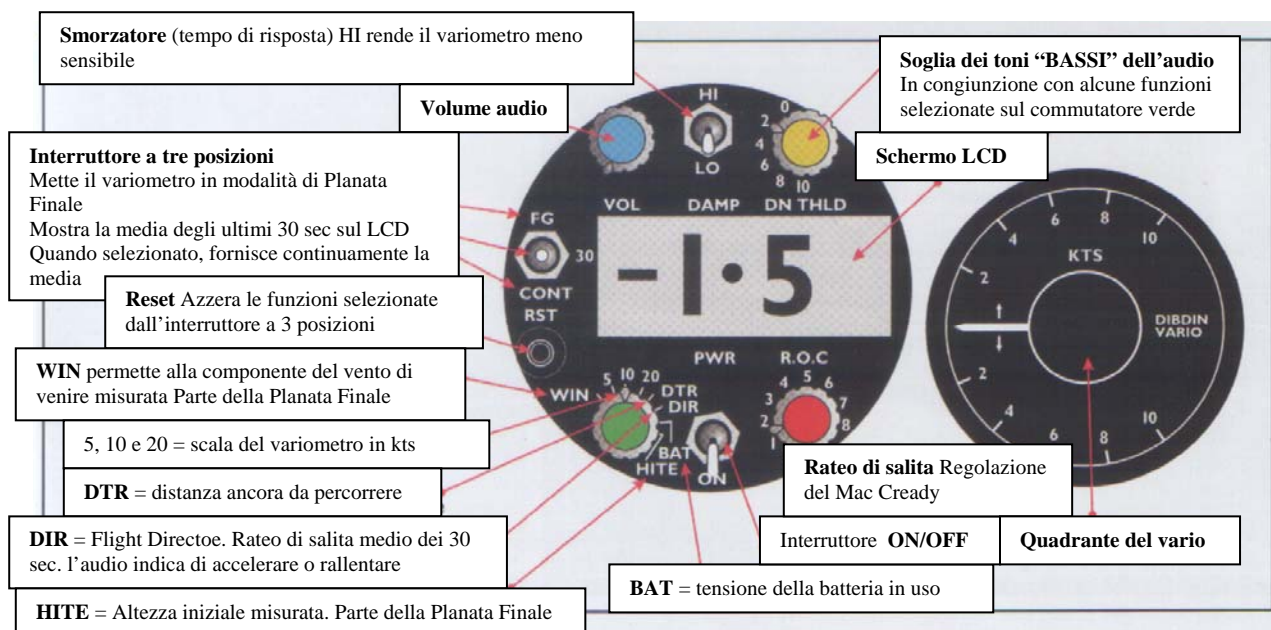


Figura 46. Pannello principale di un variometro elettronico (tipo Dibdin)

7. 4. 7 Memoria.

Un logger registra le informazioni di pressione/altitudine dal suo trasduttore interno, più tutte quelle informazioni inviate via GPS. L'intervallo di campionamento (istantanee) scelto dall'utente determina quanto tempo ci vuole prima che la memoria disponibile venga riempita ed i primi dati in ingresso inizino a venire riscritti sopra. Varie indicazioni elettroniche di "tu sei qui" tengono traccia di ciascuna posizione istantanea in modo da creare una lista "in ordine di entrata".

Un variometro elettronico immagazzina e traccia istantanee nel medesimo modo, ma li rileva con maggiore frequenza. C'è nessun punto nel variometro che ricorda quanto un logger perché, inevitabilmente, la maggioranza dei suoi calcoli sarà basata su "eventi" recenti. Le istantanee si conservano per circa 30 secondi prima da venire sostituite da un'altra più recente. Ci sono, comunque, situazioni in cui il pilota potrebbe volere controllare la media di salita per alcuni minuti, così si fa una scorta per immagazzinare l'istantanea "attuale" nel momento che il pilota seleziona la posizione CONT (vedere Figura 46). Quando viene selezionata un'altra posizione sull'interruttore, l'istantanea viene effettivamente rimossa.

7. 4. 8 Calcoli.

E' molto semplice come calcola un variometro quando non lavora con i ratei medi di salita. Dato che i campioni di altitudine/pressione vengono presi ad intervalli regolari ed il loro ordine è conosciuto, le posizioni listate indicano esattamente quanto sono vecchie. Il microprocessore può prendere il campione più recente (adesso) aggiungerlo a tutti gli altri presi, diciamo, negli ultimi 5 secondi, dividere il risultato per il numero dei campioni e poi mostrare un valore medio di 5 secondi aggiornato ogni mezzo secondo.

Ci sono altri generi di calcolo che danno al variometro elettronico un sicuro margine rispetto ad uno meccanico. Forse, non sarà immediatamente ovvio, ma la tensione d'uscita dal trasduttore è non più lineare che il tracciato dell'atmosfera standard ICAO. Un variometro diventa sempre di più impreciso con la quota perché la pressione cambia per un dato guadagno di quota anche piccola e non in modo lineare. Un altimetro standard fa fronte a questo tramite artifizi meccanici. Con uno strumento elettronico si può inserire qualsiasi fattore di correzione che si vuole in qualunque momento. L'unica cosa da fare è programmare il software a fare ciò. In effetti si può trapiantare la carta ICAO nel microprocessore ed usarla come base per le continue correzioni connesse all'altitudine/pressione. Questo è lo scopo del "guadagno di compensazione" di Figura 47.

Si può programmare i dati della polare, e combinarli con il settaggio del Mac Cready scelto ed il valore di pressione in ingresso dal pitot. Nel variometro preso come esempio, questo fornisce, solo tramite audio, suggerimenti sulla velocità da tenere, accelerare o rallentare. Se si aggiungono le informazioni provenienti da un GPS avremo la modalità di Planata Finale. In Figura 47 vengono mostrati molti altri processi scritti nel software. Come curiosità, molte operazioni svolte non vengono eseguite come noi le conosciamo, ad esempio il microprocessore non moltiplicherà mai 7 per 13 come faremo noi. Esso aggiungerà 7 a se stesso per 13 volte.

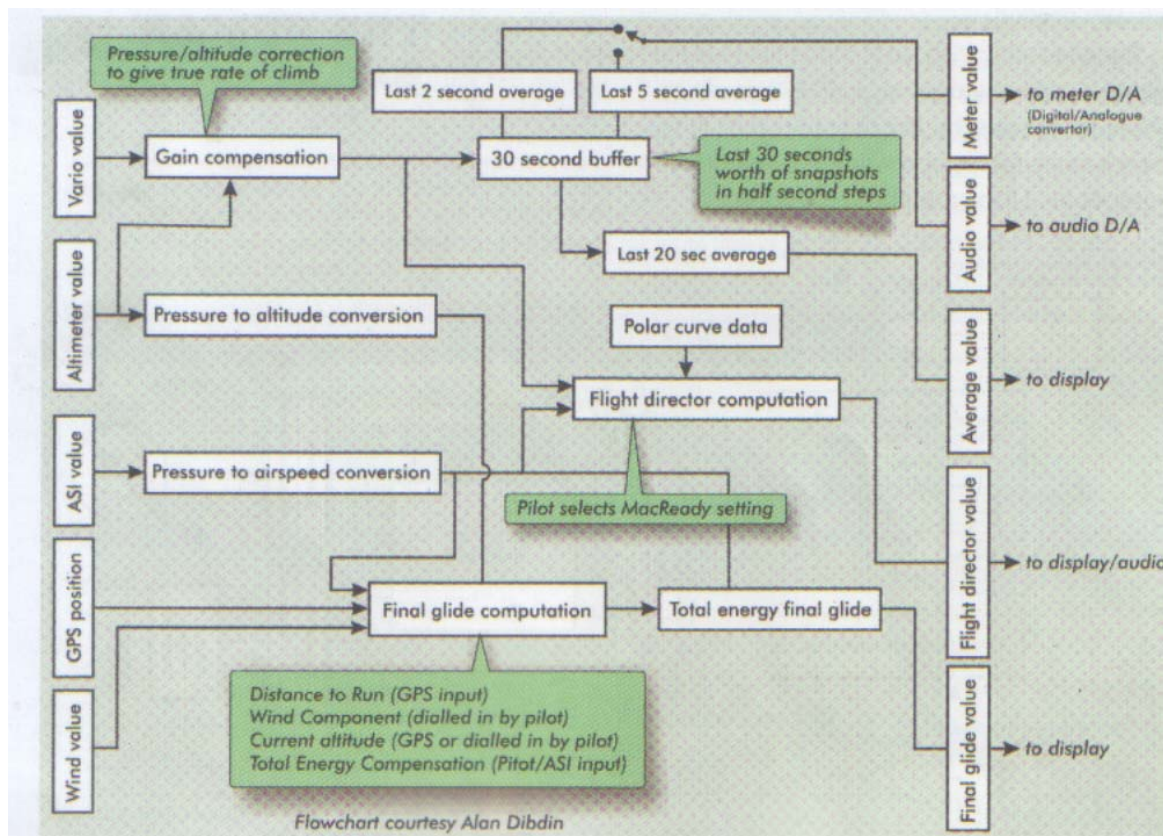


Figura 47. Diagramma di flusso della modalità di calcolo

7. 4. 9 Misurazione istantanea dei ratei di salita.

Di massima, si potrebbe calcolare il rateo di salita o discesa usando i due campioni più recenti, ma parzialmente a causa della “definizione” in uscita, questa non lavora correttamente per molto piccole variazioni di pressione/altitudine. Ci sono diverse soluzioni per questo, non dubitate, ma il variometro preso in considerazione, il Dibdin, lo fa prendendo il segnale d'uscita amplificato del trasduttore (vedere Figura 44 box **A**) e caricando uno dei condensatori nel box **B** al medesimo voltaggio. Se successivamente **A** non cambia (l'aliante ne sale e ne scende) allora il condensatore caricato non fa fluire alcuna corrente nell'amplificatore **B**. Nell'istante in cui il voltaggio del condensatore si modifica, una corrente fluisce all'amplificatore, essa è direttamente connessa con il rateo di variazione della tensione del condensatore. Più rapidamente cambia **A**, maggiore sarà la corrente in uscita da **B**. Una resistenza messa in parallelo all'amplificatore ha lo scopo di creare una sequenza di ritorno che causa effettivamente la perdita dall'amplificatore, prevenendolo da una ricarica dal condensatore. Come l'uscita dal trasduttore, anche l'uscita dal box **B** viene convertita in digitale prima di entrare nel microprocessore.

8. Energia Totale.

In teoria la somma tra l'energia potenziale (altezza) e l'energia cinetica (velocità) è uguale ad una costante (vedere Figura 48).

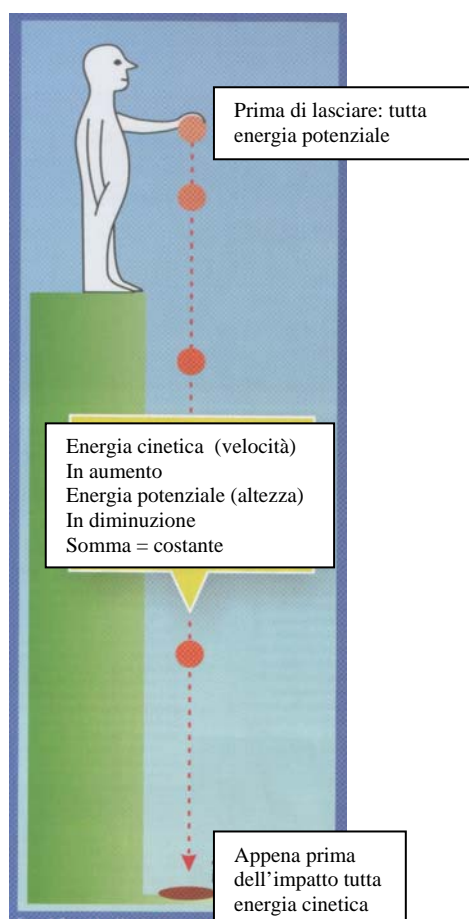


Figura 48. Energia potenziale ed energia cinetica.

Volando, un aliante può trasformare la sua velocità in altezza e viceversa, ma la resistenza aerodinamica determina una perdita di energia e, lungo tutto il volo, la somma dell'energia totale (TE) non è una costante; alla fine devi atterrare. Comunque, per periodi di tempo molto corti la somma può venire considerata tale, e

questa assunzione crea le basi di un punto per un problema inerente con cosa i variometri stanno misurando, quale è il rateo di variazione di pressione nelle prese statiche.

La maggior parte dei piloti d'aliante non si pongono il problema perché qualcun altro – le persone che hanno strumentato l'aliante o dei preparatori predisposti a farlo – ha già aggiunto la compensazione TE al variometro ed installato il tutto.

Prima di esaminare che cosa è realmente la compensazione TE, guardiamo cosa accade se non ce la hai. Un variometro non compensato risponde alla sua variazione in energia potenziale – esempio la pressione ambiente alla statica – e finché l'aliante vola a velocità costante non c'è alcun problema; compensato o no, il variometro indica il rateo di discesa dell'aliante più o meno qualunque ascendenza o discendenza. Ma prendiamo il caso di una modesta richiamata di 30° in salita a 150 km/h (80 kt). Anche in aria completamente calma (vedere Figura 49A), un variometro non compensato interpreterà lo scambio di energia cinetica (velocità) in energia potenziale (quota) come un'ascendenza, il che chiaramente non è vero, e la componente verticale della velocità dell'aliante sarà inizialmente un'estremamente impressionante 20 m/s (4,000 ft/min o 40 kt). Questo viene anche chiamato col termine "termica da cloche" e la quota guadagnata è a prezzo della velocità che si perde. C'è nessuna energia complessiva che rifornisce come quella di una termica. La medesima lettura impressionante si avrà eseguendo una picchiata – che si potrebbe chiamare "discendenza da cloche". In ogni caso, una volta che la velocità si stabilizza il variometro ritornerà ad indicare il rateo di discesa dell'aliante.

I problemi reali iniziano quando c'è una vera ascendenza o discendenza. Se si cabra dentro una termica il variometro non compensato andrà a fondo corsa, ma se anche si potesse vedere un'indicazione del reale rateo di salita verticale, quello che si andrebbe a vedere è la somma (vedere Figura 49C, curva bianca) della componente verticale della velocità dell'aliante (vedere Figura 49A) con il valore della termica (vedere Figura 49B). Assumiamo il valore della termica di 2m/s (4 kt) e poi contrapponiamo la minuscola figura con l'iniziale rateo di salita di 20 m/s dato dalla richiamata così da avere un rapporto di 1:10, ma in realtà non si conosce la loro relativa proporzione – sarà 85% di una e 15% dell'altra, o 1:1, o 7/93? – perché esso cambia come l'aliante decelera, così come la lettura del variometro.

Il risultato è che non si potrà conoscere il valore della termica fino a quando la richiamata non è finita e non si sarà fatto almeno un giro, sperando di averla centrata – non sempre facile da fare con un variometro non compensato – allo scopo di scoprire se merita fermarsi o meno.

Se si decide invece di continuare si incontreranno di nuovo i medesimi problemi un po' più avanti lungo la rotta, e così per sempre se si continua a volare con un variometro non compensato. E' impensabile fare del volo di distanza in questo modo, si sprecherà tempo e la velocità media sul percorso sarà fortemente penalizzata.

A paragone, un variometro compensato TE dirà quanto è il valore della termica anche durante la richiamata, ed in aggiunta, rende più facile il centraggio perché – assumendo che la compensazione TE sia stata correttamente calibrata – anche piccole fluttuazioni di velocità indicata non verranno registrate come salite o discese. C'è solo un'unica eccezione che vedremo più avanti, ma a parte quello, non si può fare a meno della compensazione TE, specialmente nei moderni alianti con la loro velocità di crociera tra le termiche molto alta.

8.1 Compensazione ad energia totale.

Se si assume che, in un breve lasso di tempo, l'energia totale posseduta dall'aliante sia realmente costante (od almeno vicino a sufficienza da non fare alcuna differenza), allora qualsiasi guadagno connesso con la velocità in energia potenziale (quota) sarà uguale all'energia cinetica che viene gradualmente persa come l'aliante rallenta. Questo significa che, in linea di massima, si deve essere in grado di applicare una correzione di pressione riferita al pitot alla statica del variometro (cioè sottrarre la Figura 49A alla Figura 49C), che darà un variometro indicante solo l'effetto della salita o della discesa dell'aliante (Figura 49B).

Ci sono almeno tre modi per ottenere una compensazione TE, ma la loro applicazione pratica si può dimostrare ingannevole. Forse per questa ragione la maggior parte dei piloti è felice se ci pensa qualcun altro.

Uno dei primi impianti di compensazione TE – ancora utilizzato – consiste in una capsula separata a metà da una membrana (diaframma) fatta sia di gomma che di metallo sottilissimo ondulato nella caratteristica forma di una capsula aneroide. Un lato della capsula è collegato alla statica (sul lato della capacità del variometro) e l'altro lato alla presa dinamica (vedere Figura 50 e figura 51A per i collegamenti).

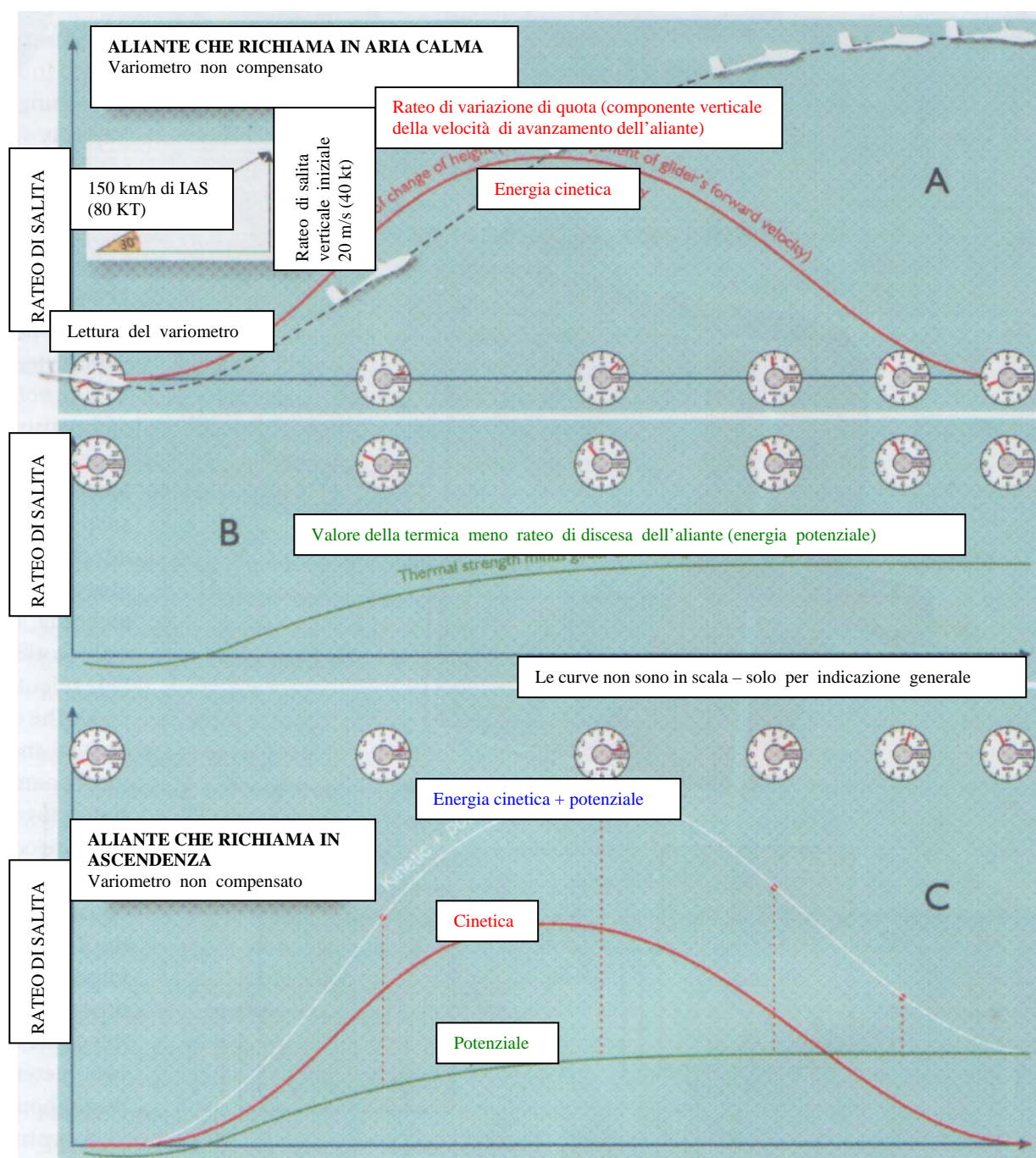


Figura 49. Componenti dell'energia cinetica e potenziale in una salita

In volo stabilizzato, la pressione dinamica è invariabilmente più alta di quella statica (se fossero uguali l'anemometro indicherebbe zero), e questo curva la membrana verso la capacità (vedere Figura 50). Come l'aliante sale e decelera le pressioni statica e dinamica iniziano a scendere, con la pressione dinamica che scende con un rateo di circa due volte il rateo della statica. Questo curva la membrana verso l'ingresso della pressione dinamica di un valore connesso con la rapidità con cui avviene la variazione. Dal momento che ogni cosa sul lato della statica si considera come "volume capacitivo", la curvatura della membrana verso la dinamica lo aumenta marginalmente, che sua volta riduce la pressione della capacità e riduce il rateo del flusso. L'opposto accade se l'aliante picchia. Una volta che la velocità si stabilizza di nuovo, la membrana non si curverà ulteriormente. Come con tutti i sistemi di compensazione TE, la giusta quantità di compensazione necessita che venga applicata al momento giusto. Se si esagera nella compensazione il variometro leggerà discendenza quando richiami.

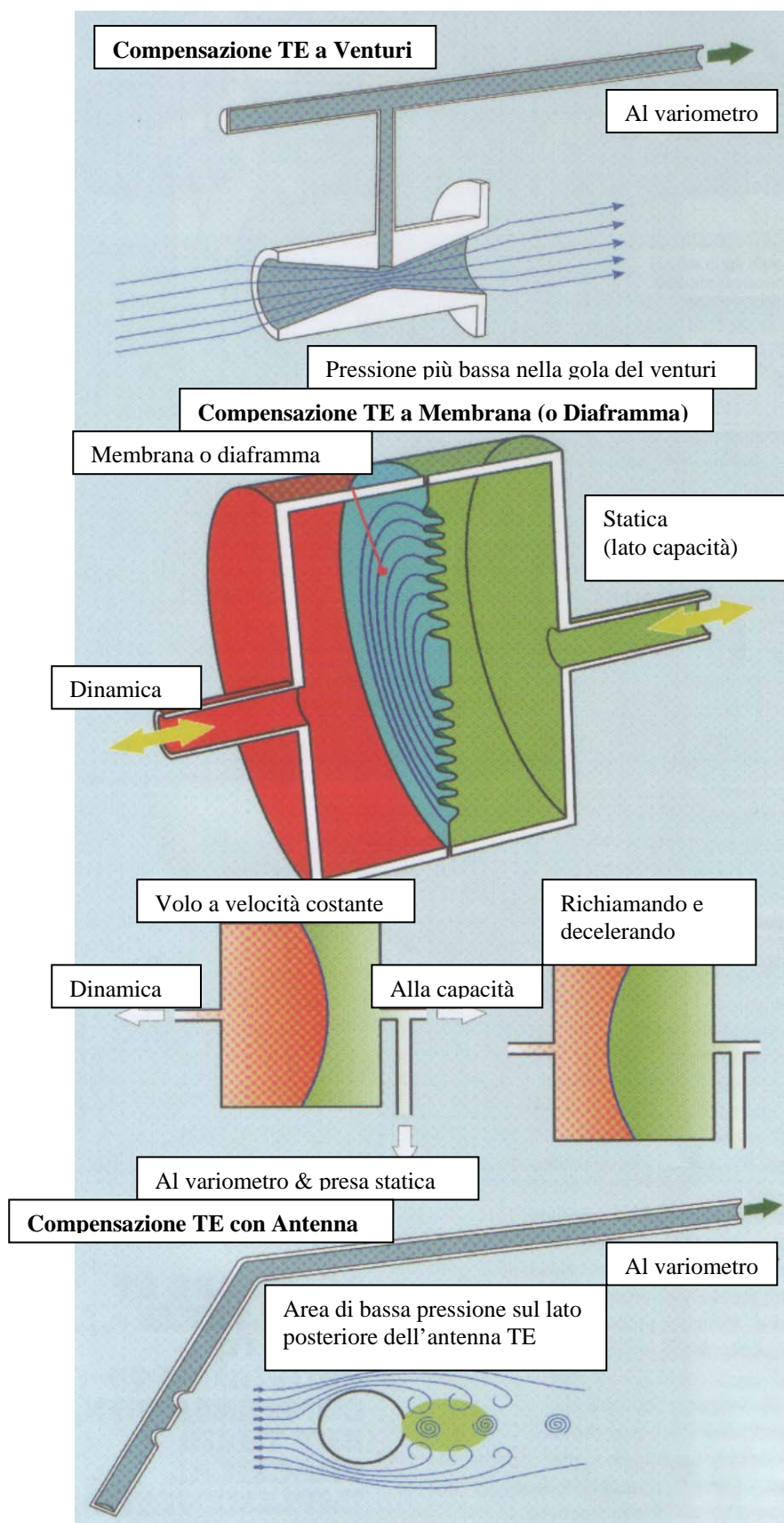


Figura 50. Sistemi di compensazione TE.

Il volume della capsula TE è minuscolo in confronto a quello della capacità, ma anche se ogni cosa che accade dentro il variometro sembra essere un po' minuscola nel contesto più ampio dell'impianto, è sorprendente come una piccola variazione abbia un effetto misurabile. L'altro effetto quello di rendere regolabile la tensione della membrana, specialmente in quelle fatte di gomma. Il maggior inconveniente di questa forma di compensazione TE è che lavora correttamente solo ad una particolare altitudine....che dipende dalla tensione della membrana!

Nelle altre forme di compensazione TE ci sono un venturi ed un antenna. Ambedue agiscono come statiche completamente indipendenti (vedere Figura 50 e Figura 51), che simultaneamente indirizzano correzioni di pressione connesse alla pressione dinamica in quel istante – cioè alla velocità dell'aliante. Una conseguenza nell'impiegare uno di questi sistemi di compensazione è che la pressione entro l'impianto TE è sempre più bassa di quella ambiente, di conseguenza è molto importante che non ci siano perdite. Malgrado questa pressione interna più bassa il variometro leggerà zero quando l'aliante è in volo veramente livellato e stabile, come dovrebbe fare qualsiasi variometro, perchè la pressione rimane completamente costante, così c'è nessun gradiente e niente flusso.

Un venturi crea la richiesta aspirazione tramite un incremento della velocità del flusso e relativo abbassamento della pressione nella strozzatura. I venturi sono meno popolari delle antenne perchè sono facilmente soggetti a bloccaggi dovuti a pioggia ed inclini a ghiacciare. Un antenna crea aspirazione tramite una serie di piccoli fori od fessure, che si aprono nei vortici di bassa pressione che si formano sul lato sottovento di qualunque oggetto cilindrico esposto verticalmente alla direzione del flusso, in questo caso l'antenna. In entrambe i sistemi di compensazione, l'aspirazione e la compensazione applicata aumenta come l'aliante accelera e diminuisce esso decelera.

I moderni variometri elettronici impiegano una compensazione elettronica basata sulle informazioni date da due trasduttori di pressione, uno sul lato della dinamica e l'altro sul lato della statica. In questo caso non è necessario alcun dispositivo TE esterno. Tutto quello che serve, in un modo od in un altro, è che il segnale dalla dinamica venga sottratto dal segnale della statica prima che il risultato vada al variometro.

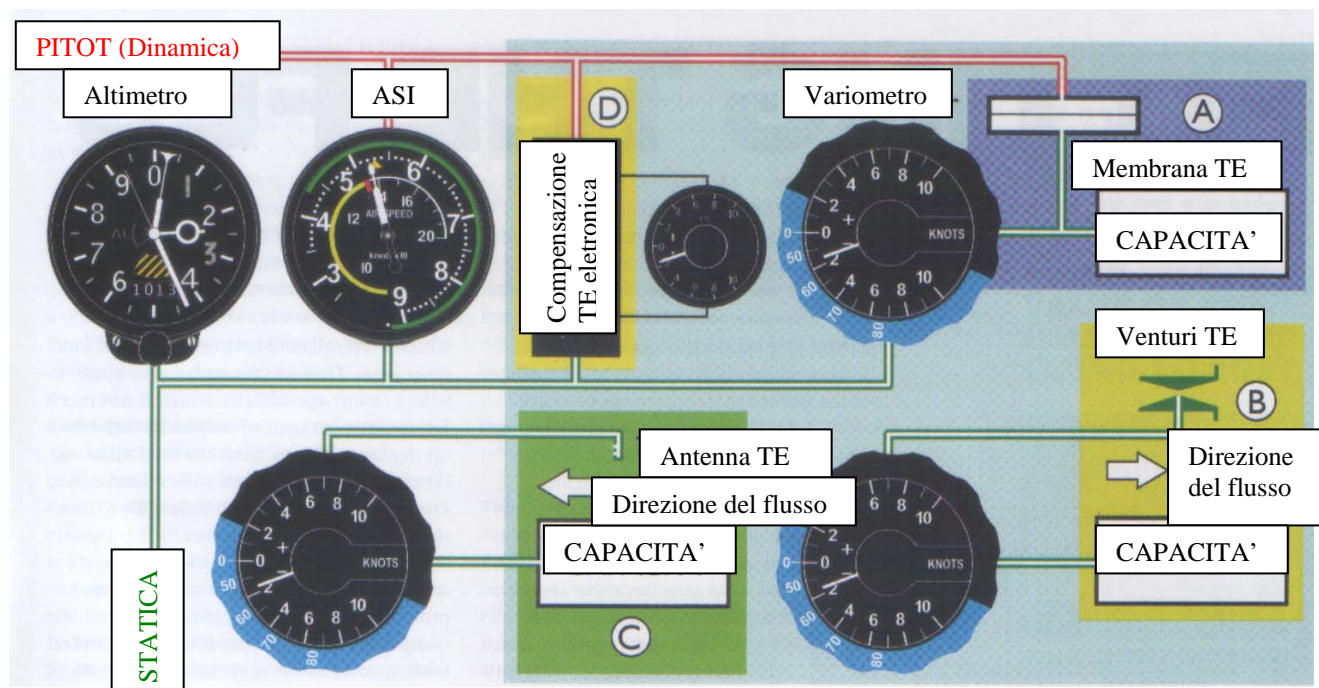


Figura 51. Collegamento strumenti in relazione ai vari tipi di compensazione TE.

Un problema apparentemente insolubile con i sistemi TE è l'effetto sulla lettura del variometro delle raffiche con una componente orizzontale (dal muso) positiva. Queste incrementano brutalmente la pressione dinamica, che l'intero impianto TE interpreta come un improvvisa diminuzione allo stesso modo nella pressione statica (esempio come in termica). Il risultato è, anche se la compensazione è perfetta, che qualche volta daranno indicazioni di salita a causa di ciò.