



GIANCARLO STRETTI

3^a Edizione

IL PILOTA DI DRONI

GUIDA AI SAPR

AGGIORNATO ALL'EMENDAMENTO 21-12-2015 ALLA 2^a VERSIONE DEL REGOLAMENTO ENAC
CONTIENE UNA SINTESI DELLA "TECHNICAL OPINION" EASA DEL 18-12-2015

Giancarlo Stretti

Il Pilota di Droni

Guida ai SAPR

III Edizione

***Aggiornato all'Emendamento 21-12-2015 alla 2ª Versione del Regolamento
ENAC***

Contiene una sintesi della "Technical Opinion" EASA del 18-12-2015

IBN Editore

Copyright © IBN Istituto Bibliografico Napoleone 2016

Via dei Marsi, 57 - 00185 Roma (Italy)

tel. 06-4469828 - Fax 06-4452275

e-mail: info@ibneditore.it

www.ibneditore.it

I diritti di riproduzione, di memorizzazione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi microfilm e copie fotostatiche) sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali.



In l di copertina: Il Ladybird Mk2, un velivolo scuola multirottore progettato e realizzato dalla CAM Costruzioni Aero Meccaniche di Pisa. L'esemplare illustrato nella foto è stato recentemente ritirato dal servizio dopo 5 anni di impiego ininterrotto. Il progetto puo' essere richiesto gratuitamente all'indirizzo info@aeroworks.it.

ISBN (13) 9788875652548

Progetto grafico e impaginazione: Valeria Napoleone

Ristampa

4	3	2	1	2016	2017	2018	2019
---	---	---	---	------	------	------	------

Stampa: Digital Team

INDICE

PREFAZIONE	11
RINGRAZIAMENTI	13
INTRODUZIONE AI DRONI E BREVE STORIA IN 1000 PAROLE (O POCO PIÙ)	15
1 - NORMATIVA SAPR E ENTI AERONAUTICI	19
I Capitolo - Regolamento	23
<i>Sezione I - Generalità</i>	<i>23</i>
Applicabilità	23
Classificazione dei SAPR	24
Impiego e operazioni	24
Requisiti SAPR	25
<i>Sezione II - SAPR con massa minore di 25 kg</i>	<i>26</i>
Operazioni con APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg	28
<i>Sezione III - SAPR con massa di 25 kg o superiore</i>	<i>29</i>
Aeronavigabilità	29
Operatore	31
Manutenzione del SAPR	31
<i>Sezione IV - Disposizioni per il pilotaggio</i>	<i>31</i>
Attestato di pilota di APR	32
Licenza di pilota APR	32
Centri di addestramento APR	33
<i>Sezione V - Regole di circolazione e utilizzo spazio aereo</i>	<i>33</i>
Operazioni in VLOS	33
Operazioni in EVLOS	34
Operazioni in BVLOS	34
Procedure specifiche e fornitura dei servizi di navigazione aerea	34
<i>Sezione VI - Disposizioni generali per i SAPR</i>	<i>35</i>
Conservazione della documentazione	35
Comunicazione di eventi	35
Sanzioni per inosservanza del regolamento	35
Data Link	36
Assicurazione	36
Security	36
Protezione dei dati e privacy	36
<i>Sezione VII - Aeromodelli</i>	<i>37</i>
Responsabilità dell'aeromodellista	37
Attività e riserva di spazio aereo	37
Acronimi e definizioni	38
Eventi da segnalare	42

Il futuro	43
II Capitolo - Enti Aeronautici	46
Enti europei	46
Enti italiani	48
 2 - AERODINAMICA	51
I Capitolo - Principi del sostentamento	52
Portanza e resistenza - Il profilo alare	53
Origine della portanza	53
Portanza, incidenza e stallo	54
La resistenza e l'efficienza	55
Profili alari	55
Resistenza parassita e indotta	55
Effetto suolo	56
I vortici e la turbolenza di scia	56
II Capitolo - L'elica e i multicotteri	58
L'elica	58
Caratteristiche fisiche	59
Funzionamento dell'elica	60
Effetti dell'elica	60
Elicottero e quadricottero - volo a punto fisso e traslato	62
L'elicottero	63
Multicotteri	63
Aereo con elica a passo fisso	65
Stabilità e manovrabilità	66
 3 - NOZIONI GENERALI SAPR	67
I Capitolo - Classificazione e struttura dei SAPR	69
Motorizzazione	70
APR Multicotteri	71
Configurazioni	71
Controllo del volo - quadricotteri	72
Centralina e sensori	73
FPV e OSD	75
Telaio e componenti	76
Eliche	76
Motori	77
ESC	78
Batterie	78
Radiocomando e data-link	80
Gimbal	81
Terminatore di volo e cavo di ritenuta	82
Transponder e radio con frequenze aeronautiche	82
II Capitolo - Strumenti	84
La bussola	84
Errori della bussola	84
Strumenti di volo analogici	85

Strumentazione digitale - EFIS	86
AHRS e ADC	87
Principi di funzionamento strumenti barometrici	88
Altimetro	88
Variometro	88
Anemometro	88
Principi di funzionamento strumenti giroscopici	89
Indicatore di virata (virobandometro)	89
Direzionale	90
Indicatore di assetto	90
ELT ,	90
III Capitolo - Motori a combustione interna	91
Motore a pistoni	91
Funzionamento	92
Motore rotativo	92
Potenza e consumo	93
Influenza della quota	94
Benzina avio e auto	94
Detonazione e preaccensione	94
Carburatore e iniezione	95
Accensione	95
TBO	95
4 - REGOLAMENTAZIONE AEREA	97
I Capitolo - Gli spazi aerei e gli Enti ATS	98
Classificazione degli spazi aerei	98
Regioni informazioni di volo	99
Spazi aerei controllati	99
Zona di traffico Aeroportuale ATZ (Aerodrome Traffic Zone)	100
Zona di controllo CTR (Control Zone)	100
Aerea di controllo CTA (Control Area)	101
Note operative sugli spazi aerei controllati e non controllati	101
Spazi aerei P R D e altri con restrizioni al volo	102
II Capitolo - Aeromobili e Aeroporti	103
Documenti degli aeromobili	103
Aeroporti	106
Aviosuperfici	107
Campi di volo	107
III Capitolo - Regole dell'aria	108
Regole generali del volo	108
Altezze minime di volo	108
Norme per la prevenzione delle collisioni	109
Impiego delle luci degli aerei	110
Regole VFR	111
Condizioni VMC	111
IV Capitolo - Servizi di assistenza al volo	113
Servizio di informazioni aeronautiche	113
Carte aeronautiche	114

Servizi del traffico aereo	114
Servizi di comunicazioni	116
Ricerca e soccorso - Annesso 12	117
Incidenti aerei - Annesso 13	118
Rapporti di inconvenienti di traffico aereo	118
V Capitolo - Procedure per il volo VFR	120
Spazi aerei e procedure VFR	121
Aeroporti senza ente ATS	121
ATZ con AFIU	122
ATZ con torre di controllo	122
Turbolenza di scia	122
CTR	123
VFR Speciale	123
AWY	124
TMA	124
Intercettamento	124
Il piano di volo operativo ed ICAO	125
VI Capitolo - VDS Volo da diporto o sportivo	127
5 - COMUNICAZIONI VFR	129
I Capitolo - Lessico e procedure	130
Alfabeto fonetico, pronuncia dei numeri, sigle...	130
Struttura messaggio, nominativi enti ATS, nominativi chiamata radio aerei	132
Le comunicazioni	136
Scala di comprensibilità	137
Obbligo di ripetere i messaggi	137
Priorità messaggi	138
Messaggi di soccorso	138
Messaggi d'urgenza	140
Messaggi radiogoniometrici, di sicurezza, meteo e di regolarità del volo	140
Avaria radio	140
Indicazioni pratiche	141
6 - NAVIGAZIONE	143
I Capitolo - Geografia e carte	144
Latitudine e longitudine	144
Stagioni, solstizi ed equinozi	145
Orario UTC	146
Carte geografiche	146
Carte stradali e aeronautiche	147
II Capitolo - La navigazione stimata e osservata	148
Effetto del vento	148
Rotte e prue	149
Pianificazione della navigazione	150
Calcolo della rotta	150
III Capitolo - Radionavigazione	151

Le onde radio	151
Radionavigazione - VOR	153
Caratteristiche e funzionamento	153
DME	154
Radar	154
Transponder	155
IV Capitolo - GPS Global Positioning System	157
Caratteristiche del sistema	158
Errori e precisione	159
Navigazione	160
Il ricevitore GPS	160
Direct-to	161
Piano di volo operativo	162
 7 - METEOROLOGIA	165
I Capitolo - L'atmosfera	166
Componenti atmosfera	166
L'atmosfera ISA - Pressione e temperatura	167
II Capitolo - I moti dell'aria: verticali e orizzontali	173
Moti verticali	173
Base e sommità delle nubi - aria stabile e instabile	173
Caratteristiche dell'aria stabile e instabile	174
I moti orizzontali	174
Forza di Coriolis - vento geostrofico e di gradiente	175
Effetto del terreno - vento al suolo e in quota	175
Venti costanti, periodici, locali	176
Effetti dei rilievi - Stau e Föhn	177
III Capitolo - Le nubi, i temporali e i fenomeni che riducono la visibilità	179
Classificazione delle nubi	179
Copertura nuvolosa	181
Nubi temporalesche e temporali	181
Visibilità	182
Nebbia, foschia e caligine	182
IV Capitolo - Le masse d'aria e i fronti	184
Fronte caldo e fronte freddo	185
Fronte occluso	186
Turbolenza	186
Wind shear	187
Ghiaccio	187
Precipitazioni	187
V Capitolo - Il servizio meteorologico	188
I bollettini METAR e SPECI	188
Le previsioni TAF	189
Avvisi	189
Le radiodiffusioni meteorologiche	189
Previsioni d'aerea	190
Le informazioni ai piloti	190

8 - PROCEDURE OPERATIVE	191
I Capitolo - Attività sperimentale e operazioni specializzate	192
Attività sperimentale	192
Operazioni specializzate	193
Livello ed accettabilità del rischio	194
Condizioni di volo	195
Pilota	195
Condizioni meteo	195
Equipaggiamenti	195
Procedure	196
II Capitolo - Operazioni specializzate. Un volo	197
Preparazione alla missione	198
Check list	200
Procedure normali di volo	201
Emergenze	203
Programma di manutenzione	205
Manutenzione programmata	207
9 - SICUREZZA DEL VOLO	209
I Capitolo - Analisi dei rischi	210
Errori nel processo decisionale	210
Valutazione della situazione - Attenzione volontaria	211
II Capitolo - Fisiologia	213
Orecchio - Udito e senso dell'equilibrio	213
Occhio e vista	214
Fattori e condizioni che riducono l'efficienza	215
QUIZ	219
SIMBOLI E FATTORI DI CONVERSIONE	246

PREFAZIONE

L'obiettivo di questo libro è fornire le competenze teoriche che ENAC richiede ai piloti di drone. Sono trattate le caratteristiche dei droni, il loro utilizzo ed è approfondita la normativa che ne regola l'impiego.

L'acquisizione della capacità a pilotare uno specifico tipo di drone dovrà essere acquisita con un corso pratico, svolto solitamente presso il costruttore o organizzazione a ciò autorizzata.

I contenuti seguono le linee guida del documento ENAC LG-2014/001: "SAPR QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE DI VOLO E ORGANIZZAZIONI DI ADDESTRAMENTO", che prevede i seguenti argomenti:

- a) Normativa Aeronautica,
- b) Doveri e responsabilità del pilota,
- c) Documenti di bordo,
- d) Registrazioni macchina e pilota su logbook,
- e) Regole del volo,
- f) Spazio aereo Segregato, NOTAM ecc.,
- g) Meteorologia,
- h) Aerodinamica,
- i) Propulsione a combustione interna o elettrica,
- j) Comunicazioni VFR,
- k) ATC Transponder.

Sono stati inseriti elementi di navigazione aerea e la sicurezza del volo, materie comprese nel corso teorico VDS a cui il documento ENAC fa riferimento.

L'Emendamento 1 alla Versione 2 del Regolamento SAPR, emesso neppure tre mesi dopo l'entrata in vigore del Regolamento stesso, attesta la dinamicità di questo settore e l'attenzione con cui viene seguito dagli Enti regolatori Italiani ed Europei.

L'Emendamento apporta chiarimenti ed alcuni cambiamenti alle operazioni di volo nei CTR, alla possibilità di VLOS notturno, agli APR con peso sino a 0,300 kg, ed alcune modifiche minori.

La quota massima a cui è possibile operare nei CTR senza necessità di autorizzazione viene abbassata per ridurre il rischio di conflitti con i traffici dell'aviazione civile e militare.

Le norme per il VLOS - viene sottolineato - sono state definite per il volo diurno e, nell'attesa che ne vengano definite di specifiche, operazioni di volo in VLOS notturno saranno valutate e dovranno essere approvate caso per caso.

Dispositivi di protezione per i rotori degli APR con peso sino a 0,300 kg diventano necessari per poter considerare non critiche le loro operazioni.

Altri emendamenti seguiranno, dovuti alla attesa regolamentazione di talune attività, e soprattutto alla attuazione di molte delle 27 proposte contenute nella "Technical Opinion" rilasciata il 18 dicembre 2015 da EASA, l'Agenzia Europea dell'Aviazione.

I conseguenti cambiamenti, quando attuati, saranno riflessi nelle successive edizioni.

L'Editore ha ritenuto di rendere immediatamente disponibile la versione elettronica della sezione "Normativa SAPR", che sarà mantenuta costantemente aggiornata.

La licenza di pilotaggio di un mezzo APR apre un nuovo orizzonte e nuove possibilità di lavoro.

I SAPR sono sistemi complessi e le attività in cui vengono utilizzati sono complesse e spesso difficili.

Il pilota di SAPR, non diversamente dagli altri piloti, deve sentirsi il Comandante responsabile del volo e avere un atteggiamento professionale, che è la migliore garanzia per ridurre al minimo i rischi agli altri utenti del cielo e alle persone al suolo.

Giancarlo Stretti

RINGRAZIAMENTI

Il primo ringraziamento è dovuto al Com.te Lorenzo Lepore per avermi interessato a perseguire il progetto di questo libro.

Sono grato all'Ing Stefano Sistini per il supporto e l'approfondita disamina sulla sicurezza e le responsabilità operative.

Un costante supporto mi è stato dato dal Com.te Damiano Colombo, FI presso la Cantor Air - Bergamo.

Ho apprezzato l'acuta analisi di Luca Mariotti, pilota e titolare della CAM Costruzioni Aero Meccaniche, e sono grato per avermi illustrato la sua visione del settore. Lo ringrazio anche per la possibilità di attingere al Manuale di Volo di un suo prodotto: il quadricottero Ladybird.

Ringrazio l'Ing. Roberto Pirotta e Luca Chitelotti, istruttori all'AVA di Valbrembo, per i validi contributi.

INTRODUZIONE AI DRONI E BREVE STORIA IN 1000 PAROLE (O POCO PIÙ)

Col termine "Drone" sono stati battezzati i primi veicoli aerei senza pilota a bordo sviluppati in ambito militare. Il termine si è diffuso ed è oggi applicato anche a quelli per uso civile, pur se ha conservato una certa connotazione militare.

Gli acronimi più formalmente corretti per indicare i droni sono: UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o RPA (Remotely Piloted Aircraft), che in italiano è APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto).

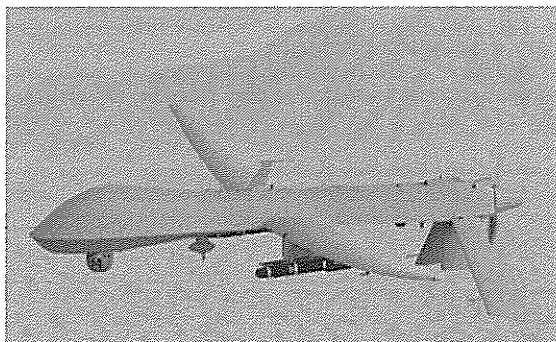
Una prima classificazione degli UAV è fatta in base alla massa (peso) massima al decollo (MTOM), alla quota di volo e all'autonomia. Nei droni militari tali valori possono superare, rispettivamente, svariate migliaia di chilogrammi, decine di migliaia di metri e parecchie decine di ore. All'altro estremo ci sono mezzi così piccoli che possono stare nel palmo di una mano. Nei droni civili il peso non supera di solito i 150 kg. Una seconda classificazione considera il sostentamento aerodinamico: ala fissa come negli aeroplani oppure eliche come negli elicotteri. La motorizzazione è in genere basata su motori elettrici; nei tipi più pesanti con ala fissa può essere realizzata con motore a scoppio.

Il volo di un drone è gestito dall'elettronica di bordo; percorso e attività possono essere comandati da un pilota remoto oppure completamente gestiti dalla centralina di bordo in modo autonomo. Questo secondo metodo si sta diffondendo in parallelo con i progressi nell'impiego dell'intelligenza artificiale. Gli UAV sono dotati di telecamera e possono avere sensori elettromagnetici, videocamere ad infrarossi, rilevatori radar, sensori chimici, eccetera. Possono trasportare carichi ed armamento.

Inizialmente sviluppati per uso militare, si sono rapidamente diffusi in ambito civile, ove, dopo gli iniziali utilizzi a scopo ludico, sono impiegati per un crescente numero di applicazioni specializzate, quali: la sorveglianza aerea, l'aerofotogrammetria, il controllo di linee elettriche, di gasdotti e oleodotti, l'esplorazione di siti pericolosi o difficilmente accessibili, la ricerca di risorse naturali e minerali, il supporto in azioni di salvataggio, le riprese cinematografiche, eccetera.

Gli americani, che amano le sigle mnemoniche, dicono che i droni sono preferibili, e preferiti, rispetto agli aeromobili con pilota a bordo per missioni caratterizzate dalle 3D: Dull, Dirty, Dangerous (noiose, sporche, pericolose).

Le prime realizzazioni di velivoli senza pilota si fanno risalire alla 1ª



MQ-1 Predator

Guerra Mondiale; ulteriori sviluppi si ebbero durante la 2ª Guerra Mondiale, ma l'uso operativo di veri UAV iniziò durante la Guerra del Vietnam, quando gli americani, preoccupati per le perdite di piloti, pianificarono (1959) l'impiego bellico dei droni. L'avvio del programma fu accelerato nel 1960 a seguito dell'abbattimento da parte dell'Unione Sovietica dell'aereo spia segreto U2, col pilota Gary Powers fatto prigioniero.

Gli USA ammisero che durante la guerra del Vietnam erano state volate oltre tremila missioni UAV con una perdita complessiva di oltre 500 mezzi. Nelle parole di un generale: "Noi lasciamo ai droni le missioni ad alto rischio, ... sappiamo che la percentuale di perdite è molto alta, ma siamo disponibili a perderne un numero anche maggiore, i droni salvano vite umane".

Da allora i droni sono stati utilizzati praticamente in tutti i conflitti. Inizialmente solo per rilevazione e sorveglianza del terreno, poi per scopi di "intelligence". Infine vennero dotati di armamento ed eseguirono missioni di contrasto ed eliminazioni mirate.

Tra questi sistemi d'arma sono da menzionare: lo MQ-1 Predator, armato con missili aria-terra Hellfire e manovrato a distanza di oltre 7.000 miglia ed il Global Hawk in grado di operare in modo autonomo, eseguendo il piano impostato.

Contemporaneamente per le attività belliche in ambito urbano venivano sviluppati e utilizzati UAV così piccoli da poter essere lanciati dalla mano del pilota e guidati lungo le strade per localizzare la presenza di nemici. È stato stimato che nel periodo 2002-2012 gli Stati Uniti abbiano compiuto oltre 400 missioni belliche con l'uso di droni, in Pakistan, Yemen, Somalia, causando oltre 3.000 morti¹.

Nel campo civile gli aeromodelli telecomandati si possono considerare la prima rozza forma di drone.

Veri droni, sia per impiego ludico sia per attività professionali, hanno cominciato ad affacciarsi sul mercato negli anni 2000. Tali mezzi, di peso e dimensioni limitati, utilizzano piccoli motori elettrici alimentati con batterie, il sostentamento aerodinamico è in genere affidato ad eliche, tre o quattro o più. Le eliche sono utilizzate anche per le evoluzioni e gli spostamenti. Alcuni tipi, dotati di ruote motrici, sono anche in grado di muoversi sul terreno e taluni di questi sono capaci di piccoli salti.

Negli APR con sostentamento ad elica è comune la configurazione con quattro eliche (quadricottero) montate spesso su bracci ripiegabili, ma ci sono configurazioni con sei

o otto eliche o più. Il volo è comandato dal pilota e gestito dal computer di bordo. Gli APR sono dotati di telecamera e possono trasportare carichi leggeri.

Nel 2010 fu posto sul mercato il primo quadricottero

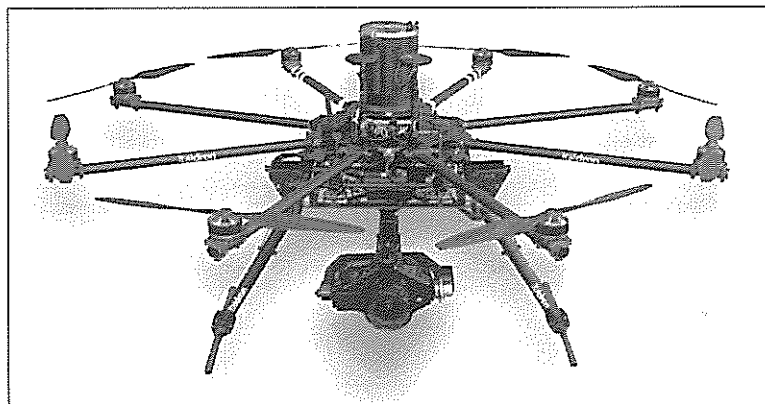


Fig. 0.2 APR con 8 eliche - Ottocottero

1. Source: Micah Zenko, "Reforming U.S. Drone Strike Policies", Council on Foreign Relations Press, January 2013

di successo per il pubblico generale: lo AR Drone della ditta francese Parrot. Riscosse sin da subito grande successo grazie alla stabilità, la robustezza e al prezzo accessibile. La telecamera di bordo integrata trasmetteva la vista da bordo allo schermo dello smartphone o del tablet utilizzati per il controllo, dando al pilota a terra la coinvolgente sensazione di essere lui stesso in volo.

Nel 2013 apparve un quadricottero prodotto dalla cinese Dji: il Phantom, facile da manovrare ed equipaggiato con una telecamera semiprofessionale. Il Phantom anche nell'aspetto innovativo si presentava come macchina utilizzabile da tutti e subito pronta all'impiego. Questo elemento contribuì al suo successo, facendolo apprezzare anche dagli utenti non specialisti. Con le successive versioni è oggi uno dei droni più diffuso.

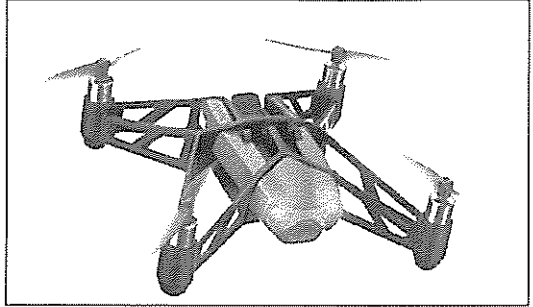


Fig. 0.3 Parrot AR Drone

Il principale utilizzo dei droni civili, col maggior numero di operatori, è per riprese video e fotografiche. Questo settore è anche quello che più interessa i dilettanti, che hanno a disposizione prodotti di tipo "consumer", praticamente pronti all'uso ed a costi molto bassi. Per un'utenza professionale ci sono mezzi con dimensioni di un metro e più e supporti motorizzati per stabilizzare le camere in volo.

Un altro settore professionale è la fotogrammetria che consente la mappatura di un territorio e la ricostruzione digitale di un edificio, partendo da foto elaborate da software specifici per ottenere anche modelli tridimensionali. Questo è un settore in grande espansione, viste le possibilità di impiego in architettura, urbanistica, cartografia, geologia ed edilizia.

Altri settori professionali sono le rilevazioni di sostanze anche pericolose, della temperatura, l'esplorazione di zone non altrimenti accessibili, la sorveglianza di gasdotti, oleodotti ed elettrodotti.

Possono essere anche un valido strumento per operazioni di sorveglianza e di polizia.

La diffusione dei droni anche in Italia è stata impressionante. Si stima che negli anni recenti siano stati venduti circa 4.000 APR professionali (di peso superiore ai 2 kg) e dieci volte tanto siano quelli sotto i 2 kg. Con tutte le incertezze di tali stime, il numero dei droni in Italia dovrebbe essere cinquantamila².

A fronte della rapida crescita del numero dei droni e degli utilizzatori non professionali un elemento da considerare con attenzione è la sicurezza delle operazioni, in un cielo che sta diventando sempre più affollato. I droni sono infatti un sistema complesso impiegato in operazioni complesse.

L'esperienza acquisita e le procedure collaudate per l'aviazione civile possono costituire un riferimento per minimizzare i rischi. Il Regolamento emesso dall'ENAC sta avendo l'effetto positivo di aumentare la professionalità dell'offerta e delle operazioni in un settore cresciuto forse in modo entusiastico.

Il rischio che i droni invadano la sfera privata delle persone è motivo d'attenzione.

2. Stima relativa all'anno 2014.

Il grande vantaggio degli APR è il non essere soggetti alle limitazioni fisiologiche umane, il che ne permette l'operatività continua anche in ambienti ostili (alta quota, deserti, eccetera) e pericolosi (inquinamento, radiazioni, contaminanti chimici). Un ulteriore vantaggio è il costo operativo, una frazione di quelli richiesti per gli aeromobili con pilota.

Prevedibili sviluppi sono la capacità di navigare riconoscendo ed evitando automaticamente gli ostacoli e miglioramenti tecnici che portino ad un'autonomia più lunga. Si intravede per gli APR più grandi una possibile integrazione col traffico dell'aviazione civile.

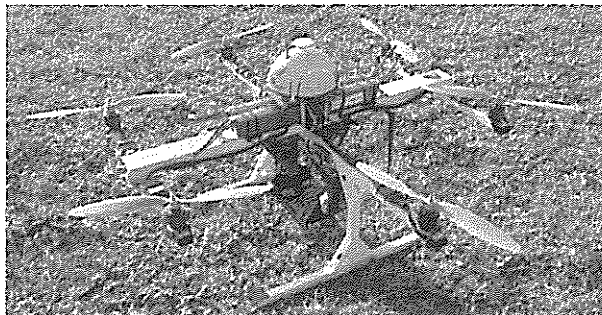


Fig. 0.4 Un esacottero

La certificazione degli operatori e la qualifica formale dei piloti, oltre alla normativa EASA, favoriranno una sana crescita del settore delle applicazioni professionali dei SAPR.

Più difficile prevedere il futuro del settore base, ove l'utilizzo è ludico ricreativo, settore che ha visto uno sviluppo improvviso e impressionante, a cui ha contribuito anche l'entusiasmo di molti neofiti.

Voli in vicinanza di spettatori ignari, incontri ravvicinati con altri aeromobili e impatti contro edifici hanno destato più di qualche timore per ciò che sarebbe potuto succedere.

È auspicabile che prevalga una maggior coscienza dei rischi che far volare questi mezzi comporta. Che la maturazione avvenga spontaneamente o grazie ad una normativa più rigorosa, quando non si vedranno più droni volare pochi metri sopra un assembramento di persone, significherà che anche in questo settore si sta acquisendo una mentalità aeronautica.

NORMATIVA SAPR E ENTI AERONAUTICI

Alla fine del 2013 l'ENAC, l'Ente che sovrintende all'Aviazione Civile in Italia, ha emesso tra le prime nazioni al mondo il Regolamento per le operazioni dei SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) allo scopo di porre le condizioni per una maggior sicurezza in un ambiente cresciuto velocemente e senza guide. Sebbene da molti anni volassero modelli radiocomandati, il cielo si era riempito d'oggetti molto spesso manovrati da entusiasti privi di nozioni di volo. Non pochi sono stati i voli sull'abitato o in prossimità di impianti, ed anche sul cielo di aeroporti. Non pochi sono stati i casi di perdita di controllo del mezzo o gli incidenti evitati per pura fortuna.

Il 16 luglio 2015, con l'esperienza accumulata in oltre due anni, è stata emessa la seconda versione del Regolamento. La nuova versione – a marzo ne era stata pubblicata la bozza per sollecitare commenti – mira a conseguire maggior flessibilità nelle operazioni e accoglie diverse richieste delle associazioni del settore.

È mantenuta la suddivisione di questi oggetti volanti in base al tipo d'utilizzo: professionale (APR Aeromobili a Pilotaggio Remoto) o ricreativo/sportivo (Aeromodelli).

Come precedentemente gli APR sono classificati in base alla massa: inferiore a 25 kg ed eguale o superiore. La classe sotto i 25 kg comprende due sottocategorie: sino a 2 kg e sino a 0,3 kg, con requisiti sempre meno stringenti.

Sono stati estesi i limiti di distanza e altezza a cui l'APR può operare in VLOS (entro la portata visiva) e ridotta la distanza dagli aeroporti, con maggior flessibilità per le operazioni in spazi controllati. Diviene possibile il sorvolo di agglomerati urbani con APR opportunamente equipaggiato, permanendo il divieto di sorvolo su assembramenti di persone, manifestazioni sportive e forme di spettacolo.

La qualifica richiesta al pilota è distinta in "Attestato" necessario per gli APR della classe inferiore (<25 kg) e in "Licenza" per la classe superiore e per le operazioni BVLOS (oltre la portata visiva).

Anche i requisiti medici del pilota sono differenziati per Attestato e Licenza.

Gli APR devono avere un dispositivo che segnali l'altezza di volo e dal 1/7/2016 devono essere equipaggiati con un dispositivo elettronico di identificazione che registri e trasmetta in tempo reale i principali dati di volo.

Diviene possibile trasportare anche merci pericolose.

Il primo capitolo definisce che cosa s'intenda per SAPR, ne descrive le operazioni e le relative norme. È stata, per quanto possibile, mantenuta la stessa struttura del Regolamento, in modo da facilitare eventuali consultazioni. Le sezioni in cui è diviso questo primo capitolo hanno lo stesso nome di quelle del Regolamento. Ad esempio la sezione I copre le generalità, il campo di applicazione eccetera, la V contiene le Regole di Circolazione e utilizzo dello spazio aereo, la VI le disposizioni generali, la VII sezione infine

tratta degli aeromodelli. La tabella con le definizioni e gli acronimi – alcuni relativi all'aviazione civile – chiude il capitolo.

Nel secondo capitolo, al fine di inquadrare la normativa SAPR nel complesso delle attività aeronautiche, sono descritte le funzioni degli Enti che sovrintendono e supportano l'aviazione generale e commerciale e il volo da diporto e sportivo. Agli Enti Europei, sempre più importanti nel processo di integrazione delle norme e procedure dell'aviazione civile, seguono quelli Italiani.

Le principali variazioni apportate dall'Emendamento 21-dicembre-2015 al Regolamento sono esposte nella pagina di seguito.

Informazioni sulla "Technical Opinion" EASA del dicembre 2015: obiettivi, storia, stato attuale e prevedibile evoluzione della normativa si trovano alla fine di questo capitolo sotto il titolo: Il Futuro.

EMENDAMENTO 21-DICEMBRE-2015 AL REGOLAMENTO

Il 21 dicembre 2015 è stato introdotto l'Emendamento 1 alla 2° edizione del Regolamento per accogliere alcune esigenze dell'Aeronautica Militare e per allinearsi agli orientamenti che si stanno consolidando a livello europeo.

Le principali modifiche riguardano: i requisiti per le operazioni nei CTR, le operazioni notturne, le caratteristiche degli APR con peso inferiore a 0,300 kg, il regime sanzionatorio.

Sono da attendersi altri cambiamenti a seguito della recente "Opinion" dell'EASA.

OPERAZIONI NEI CTR

A questo tipo di operazioni, che pur avvengono in uno spazio aereo controllato, è stata concessa una sostanziale esenzione dalle previsioni del Regolamento SERA - Regole dell'aria. L'uso da parte degli APR di porzioni di spazio aereo a bassa quota avrebbe potuto causare potenziali interferenze con i traffici dell'aviazione tradizionale.

È stato ritenuto che fissare un'altezza massima di 70 m per le operazioni degli APR nei CTR fosse compatibile con le attività dell'aviazione civile e soprattutto militare, e adeguata a consentire le operazioni APR senza preventiva autorizzazione. Operazioni a quote diverse potranno svolte previa autorizzazione. Le richieste saranno valutate singolarmente, in attesa di criteri e procedure che ENAC renderà disponibili a breve.

OPERAZIONI NOTTURNE

Nella precedente versione non c'era distinzione tra VLOS diurno e notturno ed i requisiti, elaborati per utilizzo diurno, sono stati utilizzati anche per operazioni notturne, senza che fossero state definite le condizioni per ottenere un livello di sicurezza pari alle operazioni diurne.

L'attuale testo specifica che le operazioni VLOS sono consentite solo di giorno (art. 24.2). Non proibisce esplicitamente il VLOS notturno anche se non ne fornisce gli ambiti d'attuazione.

È intenzione dell'ENAC stabilire regole per le operazioni in VLOS notturno. In attesa della definizione delle regole, gli operatori potranno far richiesta ad ENAC.

CARATTERISTICHE DEGLI APR CON PESO INFERIORE A 0,300 KG

La recente "Opinion" EASA introduce il concetto di APR inoffensivo, stabilendo a 0,250 kg il limite di peso ma anticipando che tale limite potrà essere incrementato grazie ad ulteriori limitazioni quali: limiti di velocità o impiego di materiali ad assorbimento di energia. Viene pertanto mantenuto il limite di 0,300 kg, purché l'APR abbia dispositivi di protezione delle parti rotanti.

REGIME SANZIONATORIO

Sono stati aggiunti articoli del Codice della Navigazione inerenti le sanzioni di fattispecie, applicabili anche alle attività condotte con APR. Lo scopo è stato fornire una più completa informazione agli utenti dello spazio aereo, al fine di migliorare il grado di consapevolezza di operatori e piloti. Le sanzioni, peraltro, erano già attive – il Regolamento non è il canale ufficiale per la loro formalizzazione – e possono essere applicate ove ne esistano gli estremi.

ALTRE MODIFICHE

Riguardano le operazioni BVLOS, la distanza dagli aeroporti, l'obbligo di comunicazione di eventi anche alla ANSV, la specificazione del canale di comunicazione all'ENAC.

In previsione di ulteriori cambiamenti normativi, questa sezione:

• “Normativa SAPR e Enti Aeronautici” viene resa disponibile sul sito dell'Editore, allo: www.ibneditore.it,
e sarà aggiornata non appena i cambiamenti saranno ufficializzati.

Sono altresì scaricabili dal sito i seguenti documenti:

- la Versione 2 emendamento del 21 dicembre 2015 del Regolamento
- il documento “Vademecum e Prontuario per le infrazioni”

Fonti Normative

Le fonti normative sono le seguenti:

Regolamento ENAC Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto edizione n° 2 con emendamento del 21.12.2015

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/N122671512/Reg_APR_Ed2_Em1.pdf

All'articolo 4 del Regolamento ENAC è fatto riferimento ad altre fonti normative Italiane:
Codice della Navigazione

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/node/P417266654/codice_navigazione.pdf

Regole dell'Aria

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/N1311144678/Reg-Regole_Aria_Edizione2_Emdt2.pdf

Servizi di Traffico Aereo

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/P151376896/Reg-Servizi_Traffico_Aereo_Em1.pdf

Regolamento Tecnico ENAC

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/node/N368148356/RT_Titolo_I_FA55.pdf

Organizzazione sanitaria e certificazioni mediche d'idoneità per il conseguimento delle licenze e degli attestati aeronautici

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/P1745280969/Reg_Organizzazione_sanitaria_certificazioni_mediche_Ed3-4mag2015.pdf

ed Europee:

Regolamento (CE) n. 216/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio “Regolamento Base”

<http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/N303191980/Reg216-08.pdf>

Regolamento (CE) n. 785/2004 del Parlamento Europeo e del Consiglio “Requisiti Assicurativi”

https://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/P417264093/Reg_785-2004.pdf

Regolamento (UE) 923/2012 Standardised European Rules of the Air – SERA

http://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/N505024535/Reg_923-2012.pdf

I CAPITOLO - REGOLAMENTO

A fine 2013 è stato emesso dall'ENAC, il "Regolamento per i mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR)" i cosiddetti "droni", regolamento che ne ha formalizzato l'impiego coprendo il precedente vuoto normativo.

Il 16 luglio 2015 è stata rilasciata la seconda versione, emendata il 21 dicembre 2015, versione in linea con le guide internazionali, e a cui si farà riferimento col termine: "Regolamento" in breve. Il Regolamento definisce i livelli di sicurezza per le diverse tipologie di operazioni. Le Sezioni II e III dettagliano i relativi requisiti; la IV contiene le disposizioni per il pilotaggio, la V le regole di circolazione e la VI le disposizioni comuni per le operazioni di tutti i SAPR. La Sezione VII è dedicata agli aeromodelli.

SEZIONE I - GENERALITÀ

La definizione di SAPR si trova all'articolo 5 "Definizioni e Acronimi" e dice che è un: **"Sistema costituito da un mezzo aereo (Aeromobile a Pilotaggio Remoto APR) senza persone a bordo, utilizzato per fini diversi da quelli ricreativi e sportivi, e dai relativi componenti necessari per il controllo ed il comando da parte di un Pilota remoto."**

La definizione chiarisce che il mezzo aereo: APR, fa parte di un complesso sistema: il SAPR.

Il Codice della Navigazione parte aeronautica all'articolo 743 "Nozione d'Aeromobile", definisce come tale: **"ogni macchina destinata al trasporto per aria di persone o cose. Sono altresì considerati aeromobili i mezzi aerei a pilotaggio remoto, ..."** Gli aeromobili a pilotaggio remoto sono a tutti gli effetti considerati aeromobili.

Il Regolamento, ai fini dell'applicazione delle disposizioni del Codice, distingue i mezzi aerei a pilotaggio remoto tra Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR) e Aeromodelli.

Ai primi, che possono essere impiegati in operazioni specializzate¹ o in attività sperimentali, si applicano le previsioni del Codice della Navigazione, secondo quanto previsto dal Regolamento stesso.

I secondi, gli Aeromodelli, possono essere utilizzati solo a scopo ricreazionale e sportivo e non sono considerati aeromobili ai fini dell'assoggettamento alle previsioni del Codice della Navigazione. Purtuttavia il Regolamento contiene specifiche disposizioni e limitazioni per il loro impiego e l'uso dello spazio aereo, a garanzia della sicurezza di cose e persone al suolo e degli altri mezzi aerei.

APPLICABILITÀ

Il Regolamento si applica alle operazioni dei SAPR di competenza ENAC e alle attività degli Aeromodelli a cui è dedicata l'intera Sezione VII. Sono di competenza ENAC i SAPR di massa operativa al decollo non superiore a 150 kg (MTOM - Maximum Take

1. Si definiscono "operazioni specializzate" le attività che effettuano con un SAPR un servizio professionale a titolo oneroso o meno, quale ad esempio: riprese cinematografiche, televisive e servizi fotografici, sorveglianza del territorio o di impianti, monitoraggio ambientale, impieghi agricoli, fotogrammetria, pubblicità, addestramento.

Off Mass) e tutti quelli progettati o modificati per scopi di ricerca, sperimentazione o scientifici. Non sono invece assoggettati al Regolamento:

- i SAPR di Stato di cui agli articoli 744, 746 e 748 del Codice della Navigazione²;
- i SAPR che svolgono attività in spazio chiuso (spazio "indoor");
- i SAPR costituiti da palloni utilizzati per osservazioni scientifiche o da palloni frenati.

I SAPR con MTOM maggiore di 150 kg sono di competenza dell'EASA, l'Agenzia Europea per la Sicurezza Aerea.

CLASSIFICAZIONE DEI SAPR

I SAPR di competenza ENAC sono classificati in base alla massa operativa al decollo (MTOM) del mezzo aereo (APR) in:

- A) Sistemi con APR avente MTOM minore di 25 kg,
- B) Sistemi con APR avente MTOM uguale o maggiore di 25 kg e non superiore a 150 kg.

All'interno della classe A) c'è la sottoclasse degli APR con MTOM sino a 2 kg, con l'ulteriore sottocategoria sino a 0,3 kg.

I requisiti da soddisfare dipendono dalla classe e dalle operazioni, osservate le disposizioni comuni a tutti i SAPR.

IMPIEGO E OPERAZIONI

L'impiego può avvenire in:

1. Operazioni specializzate,
2. Attività di ricerca e sviluppo.

L'impiego per attività promozionale durante le manifestazioni aeree è disciplinato separatamente.

L'impiego dei SAPR è soggetto ad **autorizzazioni** rilasciate dall'ENAC all'Operatore o alla presentazione da parte dell'Operatore di dichiarazione all'ENAC nei termini indicati dal Regolamento.

Nelle operazioni specializzate per conto terzi deve essere stipulato tra l'operatore del SAPR e il committente un accordo che definisce le rispettive responsabilità, limitazioni e condizioni connesse, anche riguardo alla protezione dati.

Le operazioni specializzate devono essere svolte nel rispetto delle Regole di Circolazione (Sezione V).

Il trasporto di merci pericolose è possibile ma deve essere autorizzato dall'ENAC.

Il pilota deve essere in possesso di documento di riconoscimento della competenza in stato di validità.

In dipendenza dal fatto che l'APR rimanga sempre in vista del pilota remoto oppure no, le operazioni sono definite:

- operazioni in VLOS (Visual Line Of Sight),

2. Art. 744: Aeromobili di Stato o aeromobili privati; 746: Aeromobili equiparati a quelli di Stato; 748: Norme applicabili.

- in EVLOS (Extended),
- in BVLOS (Beyond Visual Line).

MASSA APR	OPERAZIONI	Dichiarazione/Autorizzazione
A) APR con MTOM < 2 kg < 25 kg	Non Critiche Non Critiche Critiche	Dichiarazione Dichiarazione Autorizzazione
B) APR con MTOM ≥ 25 kg	Critiche	Certificazione mezzo Autorizzazione

Tabella 1.1 La tabella mostra, in base alla classe degli APR e alla criticità delle operazioni, la necessità di dichiarazione o autorizzazione. Le operazioni con APR di massa minore di 25 kg sono soggette a dichiarazione dell'Operatore o ad autorizzazione dell'ENAC in dipendenza dalla criticità; se la massa è minore di 2 kg sono sempre considerate non critiche. Le operazioni con APR di massa maggiore di 25 kg sono critiche per definizione e quindi soggette ad autorizzazione. È soggetta ad autorizzazione l'attività sperimentale di ricerca e sviluppo.

REQUISITI SAPR (art. 8)

➤ Il SAPR dev'essere identificato attraverso l'apposizione sul mezzo aereo di una targhetta riportante i dati identificativi del sistema e dell'operatore. La targhetta dev'essere affissa anche sulla stazione di terra (art.8.1).

➤ Il SAPR deve essere equipaggiato con un dispositivo idoneo a segnalare l'altezza a cui l'APR sta volando, al fine di garantire un positivo controllo della quota (art.8.5).

➤ Inoltre il SAPR deve essere dotato di un dispositivo elettronico di identificazione che consenta la trasmissione in tempo reale di dati inerenti l'APR ed il proprietario/operatore e dei dati essenziali di volo, nonché la registrazione degli stessi. Le caratteristiche del dispositivo sono fissate dall'ENAC. Tale requisito entra in vigore dal 1 luglio 2016 (art.8.2).

➤ Nelle attività in condizioni VLOS in spazi aerei non controllati, può essere richiesta l'installazione sull'APR di luci o altri mezzi per favorire la visibilità al pilota remoto e agli altri utilizzatori dello spazio aereo (art.8.6).

➤ Nelle attività in VLOS, il pilota al comando di un SAPR dev'essere visibile e chiaramente identificabile. È obbligatorio l'uso di giubbetti ad alta visibilità recanti l'identificativo "pilota di APR" (art.8.8).

➤ I SAPR devono essere equipaggiati con i dispositivi/sistemi necessari per l'effettuazione delle operazioni previste in accordo alle regole dell'aria applicabili e in funzione degli spazi aerei impegnati³ (art.8.5).

➤ I SAPR devono essere dotati di un Manuale di Volo o documento equivalente (art.8.3).

In analogia a quanto previsto dal Codice della Navigazione (art. 771) per gli aeromobili con pilota a bordo, i documenti attestanti l'abilitazione dell'Operatore a condurre le specifiche attività, devono essere mantenuti presso la stazione di controllo del SAPR.

³ Nella vers.1 del Regolamento era specificato il requisito di poter comunicare, se necessario, con gli Enti ATS.

Sono:

- Dichiarazione o Autorizzazione ENAC (se applicabile);
- Certificato di Navigabilità Ristretto o Permesso di Volo (se applicabile);
- Nota comprovante l'assicurazione;
- Riconoscimento della qualificazione dell'equipaggio (se applicabile);
- Manuale di volo o documento equivalente;
- Manuale delle operazioni.

SEZIONE II - SAPR CON MASSA MINORE DI 25 KG

I SAPR con MTOM minore di 25 kg possono essere impiegati in operazioni specializzate non critiche o critiche. L'effettuazione dell'attività sperimentale per "ricerca e sviluppo", è soggetta ad autorizzazione.

OPERAZIONI NON CRITICHE (ART. 9) E CRITICHE (ART. 10)

Sono considerate operazioni specializzate non critiche quelle operazioni condotte in VLOS che non prevedono il sorvolo, anche in caso di avarie e malfunzionamenti, di:

- 1) aree congestionate, assembramenti di persone, agglomerati urbani,
- 2) infrastrutture sensibili⁴.

Sono considerate critiche tutte le operazioni che non rispettano, anche parzialmente, quanto sopra.

- Prima di iniziare operazioni non critiche, l'operatore deve presentare all'ENAC la dichiarazione per l'effettuazione di operazioni specializzate, che attesti la rispondenza alle applicabili sezioni del Regolamento e indichi le condizioni e i limiti alle operazioni di volo previste, inclusa, eventualmente, la necessità di operare in spazi aerei segregati.

- Prima di iniziare operazioni **critiche** l'operatore deve richiedere e ottenere l'**autorizzazione** dell'ENAC⁵.

Operatore

La capacità dell'operatore del SAPR di rispettare gli obblighi derivanti Regolamento viene attestata dall'ENAC mediante una **autorizzazione** per le operazioni critiche. Per quelle non critiche, tale capacità è dichiarata dall'operatore.

La dichiarazione dell'operatore o l'autorizzazione, quale delle due applicabile, copre tutti gli aspetti inerenti la sicurezza delle operazioni del SAPR (mezzo aereo, operazioni di volo, piloti).

La dichiarazione o la domanda di autorizzazione può essere presentata solo dopo che l'operatore abbia completato con esito positivo la relativa attività di volo sperimentale propedeutica alle operazioni⁶ (art. 11.2).

L'attività può essere svolta solo dopo la pubblicazione nel sito ENAC della dichiara-

4. Sono infrastrutture sensibili: le aree riservate ai fini della sicurezza dello Stato, le linee e le stazioni ferroviarie, le autostrade e gli impianti industriali.

5. Per ottenere l'Autorizzazione, l'operatore presenta all'ENAC specifica domanda nella quale attesta la rispondenza alle sezioni applicabili del Regolamento e indica le condizioni e i limiti ap-

zione, nel caso di operazioni critiche dopo aver ricevuto la lettera di autorizzazione. Nel sito ENAC due file pdf elencano gli operatori riconosciuti sulla base dell'autorizzazione e quelli in base alla dichiarazione.

(<https://www.enac.gov.it/Home/>

scelte – SAPR – Operatori SAPR).

L'autorizzazione o la dichiarazione rimangono valide purché le operazioni siano condotte entro le condizioni ed i limiti indicati. Decadono in caso di modifiche al sistema, operazioni al di fuori delle condizioni o in caso di incidenti.

L'operatore ha l'obbligo di comunicare all'ENAC i dati e le informazioni aggiornate delle operazioni autorizzate o oggetto di dichiarazione, richiedendo, se del caso, le corrispondenti variazioni dell'autorizzazione o modificando la dichiarazione per operazioni non critiche. L'ENAC si riserva la facoltà di condurre verifiche sulle effettive modalità con cui sono condotte le operazioni.

L'operatore, oltre a soddisfare le disposizioni generali di cui alla Sezione VI, ha l'obbligo di registrare e conservare i dati relativi alle attività svolte, incluse le valutazioni di rischio ad esse associate (art. 11.6).

L'operatore ha l'obbligo di fornire ad ENAC, su base annuale, i dati relativi alle attività svolte secondo le indicazioni dell'Ente (art. 11.7).

Dichiarazione

L'operatore è responsabile di valutare il rischio associato alle operazioni ed il permanere delle condizioni che fanno ritenere le operazioni non critiche. Il manuale delle ope-

plicabili alle operazioni di volo previste, inclusa, eventualmente, la necessità di operare in spazi aerei segregati. Alla domanda allega la documentazione contenente:

a) i dati della targhetta identificativa del SAPR, la descrizione e la configurazione del sistema da impiegare, nonché le caratteristiche e le prestazioni tali da garantirne un impiego sicuro ovvero la dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore, nel caso di SAPR in possesso di Certificazione di Progetto (Art. 13);

b) i risultati delle prove dell'attività sperimentale iniziale;

c) la tipologia delle operazioni specializzate che intende svolgere;

d) i risultati dell'analisi del livello di rischio associato alle operazioni previste, eseguita al fine di sostanziare la sicurezza delle stesse;

e) il manuale di volo dell'APR o documento equivalente;

f) il programma di manutenzione del SAPR;

g) il manuale delle operazioni, inclusa la descrizione delle modalità di valutazione e gestione del rischio.

L'ENAC rilascia l'autorizzazione al completamento con esito positivo della valutazione della documentazione prodotta da parte dell'operatore per sostanziare la capacità di effettuare l'attività in sicurezza. Nell'ambito delle valutazioni ENAC può richiedere l'effettuazione di ulteriori analisi e prove e può effettuare ispezioni.

6. (art. 11.4,5) L'attività sperimentale propedeutica è condotta dal pilota che l'operatore intende impiegare e consente di stabilire una adeguata capacità di controllo del mezzo da parte del pilota stesso, indagando l'involuppo di volo in cui l'APR sarà utilizzato e in modo particolare le manovre di emergenza. Essa è finalizzata a determinare nell'ambito di quali condizioni e limitazioni le operazioni specializzate possono essere condotte in sicurezza. È condotta in aree non popolate da piloti in possesso di Attestato di cui all'art. 21, nel rispetto delle condizioni di cui all'art. 24 (VLOS) e non necessita di preventiva comunicazione all'ENAC. È responsabilità del pilota far sì che le condizioni per l'effettuazione delle attività sperimentali siano rispettate.

razioni, di cui l'operatore deve essere dotato, specifica tra l'altro le modalità con cui l'operatore effettua l'analisi del rischio associato alle operazioni e delle relative mitigazioni.

La dichiarazione è resa dall'operatore utilizzando esclusivamente l'accesso al sito web dell'ENAC (www.enac.gov.it), fornendo le informazioni e i dati previsti nella procedura, inclusi quelli della targhetta identificativa del SAPR.

L'operatore ha l'obbligo di registrare e conservare i dati relativi alle attività svolte, incluse le valutazioni di rischio ad esse associate. Ha l'obbligo di mantenere aggiornata la documentazione prevista all'art 11.8 (indicata nella nota 5).

Autorizzazione

Le operazioni specializzate critiche necessitano di autorizzazione dell'ENAC e possono essere condotte ove sia assicurato un livello di sicurezza coerente con l'esposizione al rischio, in relazione alla tipologia di operazioni, con riferimento agli standard dell'aviazione generale (art. 10.3).

Il sistema costituito dal SAPR stesso, dal pilota, dalle procedure di volo, dalle condizioni ambientali, dalla manutenzione, eccetera, deve assicurare un livello di affidabilità minimo adeguato al richiesto livello di sicurezza, in relazione alla tipologia delle operazioni.

Per effettuare operazioni critiche il SAPR dev'essere dotato di un mezzo di terminazione del volo indipendente dal sistema primario di comando e controllo del mezzo. La quota minima di volo dev'essere tale da garantire l'efficacia del sistema di terminazione del volo.

Per le operazioni specializzate critiche che si svolgono in condizioni VLOS in aree urbane in scenari che non prevedono il sorvolo di persone estranee nell'area delle operazioni e nel buffer, un adeguato livello di sicurezza può essere dimostrato tramite due sistemi indipendenti e dissimili: di comando e controllo, e di terminazione del volo. Il sistema di terminazione deve consentire la terminazione del volo all'interno dell'area di buffer.

È consentito il sorvolo delle aree urbane in condizioni VLOS ai SAPR dotati di:

- un sistema primario di comando e controllo con software conforme agli standard aeronautici di cui alla specifica EUROCAE ED-12 almeno al livello D, o ad altri di pari affidabilità a discrezione ENAC;
- sistemi idonei a mantenere il controllo delle operazioni in caso di perdita del data link, o a mitigarne gli effetti;
- un sistema di terminazione del volo indipendente e dissimile dal sistema di comando e controllo e che, ove attivato, consenta una moderata esposizione a potenziali danni da impatto.

Il sorvolo di assembramenti di persone, per cortei, manifestazioni sportive o spettacoli o comunque di aree dove si verificano concentrazioni inusuali di persone è in ogni caso proibito (art. 10.7). Questa restrizione si applica anche alle operazioni specializzate in spazi chiusi ("indoor" art. 10.8), anche se la disciplina delle operazioni SAPR in spazi chiusi non è inclusa nel Regolamento, in quanto tali spazi non rientrano nella competenza dell'ENAC.

OPERAZIONI CON APR DI MASSA OPERATIVA AL DECOLLO MINORE O UGUALE A 2 KG (ART. 12)

Le operazioni specializzate condotte con SAPR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg sono considerate non critiche in tutti gli scenari operativi, a condizione che gli aspetti progettuali e le tecniche costruttive dell'APR abbiano caratteristiche di inoffensività, precedentemente accertate dall'ENAC o da soggetto autorizzato.

È in ogni caso proibito (art.10.7) il sorvolo di assembramenti di persone, cortei, ma-

nifestazioni sportive o spettacoli o comunque aree dove si verifichino concentrazioni inusuali di persone.

Per effettuare le operazioni l'operatore o il pilota deve presentare all'ENAC la dichiarazione (art.9.2).

Per la conduzione delle operazioni è sufficiente che il pilota abbia un Attestato in corso di validità. In tal caso il pilota assume le funzioni di operatore e le relative responsabilità, incluse le registrazioni e segnalazioni.

Non sono obbligatori i requisiti organizzativi normalmente richiesti agli operatori, ma il pilota deve assicurare anche l'effettuazione della manutenzione prevista.

Le operazioni specializzate condotte con APR di massa al decollo minore o uguale a 0,3 kg con parti rotanti protette da impatto accidentale e con velocità massima sino a 60 km/h sono considerate non critiche in tutti gli scenari operativi. Il pilota, al quale non è richiesto il possesso di un Attestato secondo quanto previsto al successivo art. 21, deve comunque garantire che le operazioni siano svolte in osservanza delle regole di circolazione definite nella Sezione V.

È proibito il divieto di sorvolo di assembramenti eccetera, come sopra specificato.

Per effettuare le operazioni l'operatore o il pilota deve presentare all'ENAC la dichiarazione in accordo all'art. 9.2.

Produzione in serie e certificato di progetto

I costruttori che intendono produrre in serie SAPR con MTOM <25 kg possono richiedere all'ENAC il rilascio di un certificato di progetto.

Ai fini dell'impiego per operazioni specializzate critiche, il SAPR dev'essere accompagnato da un certificato di conformità emesso dal costruttore che attesta la rispondenza alla configurazione identificata nel certificato di progetto.

Maggiori dettagli nel Regolamento articolo 13.

SEZIONE III – SAPR CON MASSA DI 25 KG O SUPERIORE

Gli APR con massa al decollo uguale o maggiore di 25 kg, che effettuano attività all'interno dello spazio aereo italiano, sono iscritti dall'ENAC nel Registro degli Aeromobili a Pilotaggio Remoto, con apposizione di marche di registrazione dedicate; le medesime marche devono essere apposte sulla stazione di controllo a terra. Inoltre deve essere apposta sul mezzo aereo e sulla stazione di terra la targhetta di identificazione.

La richiesta di registrazione deve essere presentata dal proprietario del SAPR in accordo alle procedure stabilite dall'ENAC.

AERONAVIGABILITÀ

L'aeronavigabilità del mezzo è attestata dal rilascio di un Permesso di Volo o da un Certificato di Navigabilità Ristretto nel caso di SAPR in possesso di un Certificato di Tipo Ristretto⁷.

⁷ Per i SAPR destinati a essere costruiti in serie dev'essere presentata all'ENAC domanda di rilascio di **certificato di tipo ristretto**. Il certificato attesta la rispondenza alla base di certificazione stabilita

Per le costruzioni in serie è previsto il Certificato di Navigabilità Ristretto, per le altre il Permesso di Volo per **operazioni specializzate**, rilasciato a seguito dell'attività sperimentale, eseguita con un Permesso di Volo per effettuare la sperimentazione che deve essere condotta in spazi aerei segregati o in aree a limitato carico antropico in relazione all'esposizione al rischio. *Siccome alla data non c'è nessun drone certificato, la sperimentazione per ricerca e sviluppo è sempre necessaria; è necessaria anche nel caso di modifiche ad un drone certificato.*

1. Il Permesso di Volo può essere rilasciato:

a) per effettuare la sperimentazione allo scopo di ricerca e sviluppo⁸ o dimostrazione di rispondenza alla base di certificazione nel caso di SAPR per i quali è stato richiesto un certificato di tipo ristretto;

b) per **operazioni specializzate** nel caso di SAPR non costruiti in serie e quindi non in possesso di certificazione di tipo ristretto⁹.

Il Permesso di Volo specifica le condizioni e/o limitazioni, nell'ambito delle quali devono essere condotte le operazioni, incluse le applicabili limitazioni riguardanti le aree di operazioni e l'utilizzo dello spazio aereo.

2. Il Certificato di Navigabilità Ristretto viene rilasciato al singolo SAPR a seguito di presentazione da parte del proprietario di una dichiarazione del costruttore che attesta che il SAPR è conforme al tipo certificato. Il certificato non ha scadenza. Decade qualora le limitazioni e le condizioni applicabili non siano rispettate, nel caso di modifiche al sistema non preventivamente approvate dall'ENAC o d'inadempienza ai requisiti¹⁰.

Non è previsto il rilascio del Certificato Acustico.

dall'ENAC, determinata tenendo conto delle specificità del sistema e delle sue modalità d'impiego. La relativa Specifica di Tipo riporta le condizioni e/o limitazioni nell'ambito delle quali il sistema può essere impiegato, includendo anche le limitazioni riguardanti la tipologia delle aree di operazioni e l'utilizzo dello spazio aereo. Nel caso di SAPR che hanno ricevuto una certificazione di tipo, al relativo APR può essere rilasciato un certificato di navigabilità ristretto se conforme alla Specifica di Tipo e ed in condizioni per un impiego sicuro. L'organizzazione che intende progettare e produrre i SAPR costruiti in serie, deve essere approvata dall'ENAC. Il certificato di tipo ristretto e la relativa specifica di tipo sono rilasciati al termine delle verifiche e all'esito positivo dell'attività sperimentale (art. 15.8,9).

8. Per ottenere il Permesso di Volo per l'attività sperimentale di cui in 1a) va presentata domanda all'ENAC fornendo la documentazione necessaria per sostanziare la capacità del sistema di svolgere l'attività in sicurezza. L'attività dev'essere condotta in aree a limitato carico antropico. Va presentata richiesta di segregazione dello spazio aereo ove necessaria.

L'ENAC rilascia il Permesso di Volo all'esito positivo delle verifiche sulla documentazione presentata. La durata del Permesso di Volo è per il periodo di tempo necessario allo svolgimento della relativa attività.

9. Il **Permesso di Volo per operazioni specializzate** di cui in 1b) può essere ottenuto dopo il completamento con esito positivo dell'attività di volo sperimentale iniziale effettuata con il Permesso di volo per attività sperimentale. È rilasciato dall'ENAC al termine positivo degli accertamenti necessari a verificare che le operazioni previste possono essere condotte con un livello di sicurezza adeguato. Ha validità massima di tre anni. Su specifica richiesta ENAC può rinnovare o rilasciare un nuovo Permesso di Volo a un determinato SAPR. Il Permesso di Volo decade qualora le limitazioni e le condizioni applicabili non siano rispettate, nel caso di modifiche al sistema non preventivamente approvate dall'ENAC o nel caso di inottemperanza dell'Operatore.

10. L'ENAC si riserva la facoltà di effettuare controlli a campione per verificare il mantenimento delle condizioni di validità del certificato di navigabilità ristretto.

OPERATORE (ART. 17, 18)

Per poter effettuare operazioni specializzate, a titolo oneroso o meno, l'Operatore del SAPR deve ottenere l'autorizzazione dell'ENAC, dimostrando di possedere i necessari requisiti (art.17) di cui agli articoli 18 e 19. Gli accertamenti dell'ENAC sono funzione del livello di criticità delle operazioni stesse. L'Operatore deve dimostrare di:

- disporre di una organizzazione tecnica ed operativa adeguata all'attività che intende effettuare e alla consistenza e tipologia della flotta. I piloti devono avere le qualificazioni richieste per l'attività prevista;
- avere un Responsabile Tecnico per la gestione delle operazioni, dell'aeronavigabilità e dell'addestramento;
- disporre di SAPR in possesso di certificazioni/autorizzazioni, ed equipaggiati per lo svolgimento delle "operazioni specializzate" richieste;
- avere predisposto il "Manuale delle Operazioni", contenente le istruzioni o procedure necessarie per la gestione delle operazioni in condizioni normali e d'emergenza, dell'aeronavigabilità e dell'addestramento e renderlo disponibile a tutto il personale coinvolto nelle attività;
- condurre le operazioni in accordo alle limitazioni e condizioni previste nell'autorizzazione.

MANUTENZIONE DEL SAPR (ART. 19)

Il Costruttore, o altra organizzazione da questi riconosciuta, è autorizzato ad effettuare le operazioni di manutenzione dei propri SAPR. L'Operatore deve:

- stabilire, in base alle istruzioni del costruttore, integrandole come necessario per la tipologia delle operazioni, un programma di manutenzione adeguato per assicurare il mantenimento dell'aeronavigabilità del sistema;
- dotarsi di un sistema di registrazione dei dati inerenti alle ore di volo, eventi significativi per la sicurezza, manutenzioni e sostituzione componenti;
- la manutenzione ordinaria può essere effettuata dall'Operatore dopo aver frequentato idoneo corso per la manutenzione presso il costruttore o altre organizzazioni da questo autorizzate.

SEZIONE IV – DISPOSIZIONI PER IL PILOTAGGIO

Il pilota è responsabile della condotta in sicurezza del volo ai sensi del Codice della Navigazione e deve avere i seguenti requisiti. Per ottenere un **riconoscimento di competenza** come pilota occorrono:

- età minima di 18 anni
- idoneità psicofisica adeguata
- possedere le conoscenze aeronautiche basiche e
- la capacità di condurre un APR.

Il riconoscimento di competenza è costituito da un "Attestato di pilota" o da una "Licenza di pilota" di APR. Sono rilasciati dall'ENAC direttamente o tramite soggetti autorizzati. Hanno una validità di cinque anni, se non diversamente disposto dall'ENAC, e sono rinnovabili.

Il pilota esercita i privilegi dell'Attestato o della Licenza secondo le abilitazioni e le limitazioni in esse contenute.

Il pilota ha l'obbligo di registrare la propria attività di volo; non può svolgere operazioni specializzate se nei 90 giorni precedenti alla data dell'attività in operazioni specializzate non ha fatto almeno tre distinti voli con il SAPR.

ATTESTATO DI PILOTA DI APR

È necessario per la conduzione di APR con MTOM minore di 25 kg in condizioni VLOS.

L'Attestato è conseguibile presso un Centro di Addestramento APR approvato. È rilasciato per categorie di APR e contiene le limitazioni operative per l'esercizio dei privilegi ad esso associati.

L'idoneità psicofisica è attestata da una certificazione medica rilasciata da un Esaminatore Aeromedico (Aero Medical Examiner - AME) secondo gli standard relativi alla licenza LAPL di cui al Regolamento (UE) n. 1178/2011, o da una certificazione medica di Seconda classe¹¹.

Per ottenere l'Attestato di Pilota di APR il candidato deve:

- acquisire la conoscenza delle regole dell'aria applicabili, delle cognizioni aeronautiche di base, degli aspetti di safety e dei rischi operativi, mediante la frequenza con esito favorevole ad apposito corso di formazione presso un Centro di Addestramento APR approvato. Il possesso di una licenza di pilota civile o di un attestato di volo sportivo di cui al DPR n. 133/2010 dà luogo a crediti ai fini del soddisfacimento del presente requisito;
- effettuare con esito positivo un programma di addestramento sul tipo o classe di APR da condurre;
- superare un esame pratico con un Esaminatore presso un Centro di Addestramento APR approvato.

Al rinnovo degli Attestati provvedono i Centri di Addestramento APR approvati, sulla base dell'attività svolta, di una prova pratica condotta da un Esaminatore e di un valido certificato medico. Il rinnovo è notificato all'ENAC.

11. L'accertamento iniziale di idoneità e quello periodico per il rinnovo/riconvalida di certificati medici di Classe 2 e LAPL è effettuato dagli AeMC e dagli AME certificati.

L'accertamento iniziale di idoneità per i certificati medici di Classe 3 è effettuato dagli AeMC certificati.

Le visite mediche periodiche finalizzate al rinnovo/riconvalida di certificati medici di Classe 2, LAPL e Classe 3 possono essere effettuate dagli AeMC e dagli AME certificati in possesso degli specifici privilegi per il rinnovo/riconvalida di tali classi di visita.

L'esito favorevole della visita medica è attestato con un certificato che ha una data di scadenza e che il pilota deve tenere assieme alla licenza/attestato.

La validità di un certificato medico di 2° classe è:

- 60 mesi sino a 40 anni d'età non compiuti,
- 24 mesi sino a 50 anni d'età non compiuti,
- 12 mesi dopo i 50 anni.

Quella di uno di 3° classe, usualmente richiesto per le attività di controllo del traffico aereo, è:

- 24 mesi sino a 40 anni d'età non compiuti,
- 12 mesi dopo i 40 anni.

La validità di un certificato medico LAPL è:

- o 60 mesi sino a 40 anni d'età non compiuti,
- o 24 mesi dopo i 40 anni.

LICENZA DI PILOTA DI APR

È necessaria per il pilotaggio di APR in operazioni BVLOS oppure di APR con MTOM eguale o maggiore di 25 kg.

Le licenze sono rilasciate da ENAC secondo le procedure in uso per le altre licenze per il personale di volo.

L'idoneità psicofisica è attestata da certificato medico di terza classe in corso di validità, rilasciato in accordo al Regolamento ENAC "Organizzazione Sanitaria e certificazioni mediche d'idoneità per il conseguimento delle licenze e degli attestati aeronautici".

Per ottenere la Licenza di Pilota di APR il richiedente deve:

- dimostrare adeguate conoscenze aeronautiche di base e
- capacità di conduzione dell'APR,

da acquisire secondo programmi stabiliti dall'Ente e condotti presso un Centro di Addestramento APR approvato.

Il possesso di licenza CPL e abilitazione IR soddisfa i requisiti relativi alle conoscenze aeronautiche di base. Ulteriori crediti possono essere attribuiti in ragione dei programmi di formazione sulla base dei singoli casi.

Le licenze sono rinnovate dall'ENAC in base all'attività svolta, a una prova pratica condotta da un Esaminatore riconosciuto dall'ENAC e ad un valido certificato medico.

Fino all'emissione della licenza, l'ENAC stabilisce caso per caso i requisiti dei piloti per la conduzione di APR in operazioni BVLOS o di MTOM eguale o maggiore di 25 kg.

CENTRI DI ADDESTRAMENTO APR

I Centri di Addestramento APR forniscono sia la formazione teorica che l'addestramento pratico. Devono essere dotati di idonea organizzazione e disporre di adeguate procedure, materiale didattico e mezzi per l'addestramento, uno o più Istruttori e almeno un Esaminatore, riconosciuto dall'ENAC, per la conduzione di prove pratiche finalizzate al rilascio ed al rinnovo degli Attestati di pilota di APR.

L'ENAC approva il Centro di Addestramento APR sulla base degli accertamenti sull'organizzazione del Centro e la capacità di erogare l'intera formazione del pilota, sulle procedure, sul materiale di formazione e sulla qualificazione del personale, di Istruttori e di Esaminatori.

Il Centro di Addestramento notifica all'ENAC l'emissione dell'Attestato di Pilota di APR entro 3 giorni. La notifica è effettuata per via informatica nel sito web dell'Ente (www.enac.gov.it) inserendo i dati richiesti. Con la stessa procedura notifica il rinnovo degli Attestati.

SEZIONE V – REGOLE DI CIRCOLAZIONE E UTILIZZO SPAZIO AEREO

OPERAZIONI IN VLOS (ART. 24)

Nelle operazioni in VLOS, il pilota dev'essere in grado di mantenere il contatto visivo diretto con l'APR, in modo da monitorarne il profilo di volo relativamente ad altri aeromobili, persone, imbarcazioni, veicoli e infrastrutture, al fine di evitare le collisioni. Le operazioni devono essere condotte in modo sicuro e senza arrecare danni a terzi.

Le operazioni in VLOS sono consentite **di giorno** (art. 24.2) fino ad una:

- distanza massima sul piano orizzontale di 500 m,
- altezza massima di 150 m AGL.

Distanze e altezze superiori possono essere autorizzate dall'ENAC a seguito della presentazione di adeguata valutazione del rischio da parte dell'operatore SAPR.

In caso di perdita del contatto visivo del SAPR entro i limiti orizzontali e verticali consentiti, il pilota deve terminare il volo il prima possibile.

Le operazioni SAPR non possono essere condotte (art. 24.4):

a) all'interno dell'ATZ di un aeroporto e nelle aree sottostanti le traiettorie di decollo ed atterraggio oppure a distanza inferiore a 5 km dall'aeroporto (ARP o coordinate geografiche pubblicate), laddove non sia istituita una ATZ;

b) all'interno dei CTR, fatto salvo quanto di seguito specificato all'Art. 24.5;

c) all'interno delle zone regolamentate attive e delle zone proibite, riportate in AIP.

Art. 24.5 Le operazioni SAPR all'interno dei CTR sono consentite esclusivamente ad APR con MTOM inferiore a 25 kg, fino ad un'altezza massima di 70 m AGL e ad una distanza massima sul piano orizzontale di 200 m. Nelle aree sottostanti le traiettorie di decollo ed atterraggio oltre i limiti dell'ATZ e fino a 15 km dall'aeroporto, il limite di altezza è fissato a 30 m AGL.

Art. 24.6 Nel caso sia necessario condurre operazioni che non possano soddisfare i criteri sopra esposti (art. 24.4a, 24.4b e 24.5) le operazioni sono condotte secondo le procedure pubblicate dall'ENAC. In caso sia necessario operare nelle zone di cui al 24.4c le operazioni sono soggette a specifica autorizzazione ENAC.

OPERAZIONI IN EVLOS (ART. 25)

Nelle operazioni in EVLOS, condotte entro i limiti orizzontali e verticali VLOS o oltre tali limiti se autorizzati, il pilota mantiene la responsabilità di evitare collisioni, adottando metodi alternativi per mantenere il contatto visivo con l'APR. Tale responsabilità può essere assolta attraverso l'osservazione visiva mediante l'impiego di osservatori e/o stazioni di pilotaggio supplementari.

Le operazioni EVLOS possono essere condotte a seguito di specifica autorizzazione ENAC e secondo le stesse modalità e limitazioni delle operazioni VLOS.

OPERAZIONI IN BVLOS (ART. 26)

Le operazioni in BVLOS sono quelle condotte oltre i limiti orizzontali e verticali VLOS, ovvero a distanze tali per cui non è possibile evitare le collisioni mediante osservazione visiva. Necessitano quindi di sistemi e procedure per il mantenimento della separazione e per evitare le collisioni, sistemi e procedure che richiedono l'approvazione ENAC.

Tali operazioni possono richiedere l'uso di spazi aerei segregati (temporanei o permanenti), ferme restando le limitazioni e le condizioni di utilizzo individuate dall'ENAC, sulla base della tipologia delle operazioni e della valutazione del rischio effettuata dall'operatore SAPR.

PROCEDURE SPECIFICHE E FORNITURA DEI SERVIZI DI NAVIGAZIONE AEREA (ART. 27)

Qualora un altro aeromobile sia in potenziale conflitto, le operazioni SAPR in VLOS e EVLOS non hanno diritto di precedenza ed il pilota remoto, esercitando la capacità "see and avoid", deve portarsi immediatamente a terra o ad un'altezza di sicurezza massima di 25 m, tale da non interferire con l'altro aeromobile.

Le operazioni "non critiche" in VLOS e EVLOS dei SAPR con MTOM < 25 kg, devono essere condotte a:

- distanza orizzontale di sicurezza di almeno 150 m dalle aree congestionate,

- e ad almeno 50 m da persone che non sono sotto il diretto controllo dell'operatore SAPR. In tutti gli altri casi, l'operatore deve presentare all'ENAC idonea valutazione del rischio.

Salvo specifica disposizione da parte di ENAC per particolari operazioni, e previo accordo col fornitore dei SNA competente, in deroga alle previsioni del Regolamento UE n. 923/2012 (SERA) e alle Regole dell'Aria Italia, alle operazioni SAPR non sono forniti i servizi di traffico aereo e non è richiesto l'uso del transponder.

SEZIONE VI – DISPOSIZIONI GENERALI PER I SAPR

CONSERVAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE

L'operatore, il costruttore, l'organizzazione di progetto, il pilota, secondo le rispettive responsabilità, sono tenuti a mantenere e rendere disponibile all'ENAC la documentazione prodotta per dimostrare la rispondenza al Regolamento.

COMUNICAZIONE DI EVENTI (ART. 29)

L'operatore, il costruttore, l'organizzazione di progetto, il pilota di SAPR di MTOM eguale o maggiore a 25 kg, secondo le rispettive responsabilità, sono tenuti a comunicare all'ENAC entro 72 ore gli eventi di cui all'Allegato V del regolamento UE 2015/1018 secondo le procedure stabilite dall'Ente. Inoltre, in accordo col regolamento UE 996/2010 nel caso di incidente e inconveniente grave, vige l'obbligo di informare entro 60 minuti l'ANSV con le modalità da esse previste.

L'operatore, il costruttore, l'organizzazione di progetto, il pilota di SAPR di MTOM inferiore a 25 kg, secondo le rispettive responsabilità, sono tenuti a comunicare all'ENAC, entro 72 ore dall'evento ogni incidente e inconveniente grave secondo le procedure stabilite dall'Ente.

A pagina 42 è riportata la parte rilevante dell'Allegato V e le definizioni ICAO di "incidente" e "inconveniente".

SANZIONI PER INOSSERVANZA DEL REGOLAMENTO (ART. 30)

L'ENAC può adottare, nel rispetto della Legge n. 241/1990 e successive modifiche e integrazioni, provvedimenti di sospensione totale o parziale delle autorizzazioni o delle certificazioni rilasciate o annullare i privilegi ottenuti, nei casi per i quali è prevista una dichiarazione, in caso di inadempienza ai requisiti del presente Regolamento o quando l'operatore non si dimostra in grado di assicurarne la rispondenza. Le autorizzazioni, le certificazioni e i privilegi ottenuti a seguito di dichiarazione, possono essere altresì sospesi se l'operatore non consente all'ENAC l'effettuazione degli accertamenti di competenza.

Il periodo di sospensione non può superare i 6 mesi. L'ENAC provvede a notificare all'operatore l'atto di sospensione, le motivazioni ed il tempo concesso per il ripristino dei requisiti interessati.

L'autorizzazione, la certificazione o i privilegi ottenuti a seguito di dichiarazione, sono revocati nel caso in cui l'operatore non provveda a ripristinare nei tempi previsti la rispondenza ai requisiti.

L'effettuazione di operazioni specializzate in carenza dell'autorizzazione dell'ENAC

per operazioni critiche o della dichiarazione da parte dell'operatore per operazioni non critiche, ovvero l'inosservanza delle norme di sicurezza nel corso delle operazioni comporta l'applicazione delle sanzioni di cui all'art. 1174, 1216, 1228, 1231 del Codice della Navigazione secondo le diverse fattispecie.

Il mancato rispetto del Regolamento da parte del pilota di APR comporta la sospensione della validità dell'Attestato o Licenza per periodi da 1 a 12 mesi in ragione della gravità, fino alla revoca per i casi di notevole gravità.

Sono inoltre applicabili le altre sanzioni disciplinate dai regolamenti ENAC e dal Codice della Navigazione.

DATA LINK

Il data link dei SAPR deve assicurare le funzioni di Command e Control con la necessaria continuità e affidabilità in relazione all'area delle operazioni. Deve utilizzare frequenze autorizzate e scelte in modo da minimizzare la possibilità di interferenze involontarie e volontarie che possano compromettere la sicurezza delle operazioni (art. 31).

ASSICURAZIONE (ART. 32)

Non è consentito operare un SAPR senza un'adeguata assicurazione in corso di validità che copra la responsabilità verso terzi, non inferiore ai massimali minimi di cui alla tabella dell'articolo 7 del Regolamento (CE) n. 785/2004.

SECURITY (ART. 33)

L'Operatore deve adottare misure adeguate per la protezione del SAPR da atti illeciti durante le operazioni, anche al fine di prevenire le interferenze volontarie sul radio link.

Deve anche stabilire procedure per impedire l'accesso di personale non autorizzato all'area delle operazioni, in particolare alla stazione di controllo, e per lo stivaggio del sistema.

Gli operatori di SAPR sono responsabili di verificare l'esistenza di eventuali disposizioni emanate dalla Autorità di Pubblica Sicurezza per le aree interessate dalle operazioni.

I dati notificati all'ENAC dai Centri di Addestramento APR sono resi accessibili alle Autorità di Pubblica Sicurezza.

PROTEZIONE DEI DATI E PRIVACY (ART. 34)

Laddove le operazioni SAPR possano comportare un trattamento di dati personali, tale circostanza dovrà essere menzionata nella documentazione sottoposta ai fini del rilascio dell'autorizzazione. Il trattamento dei dati personali deve in ogni caso rispettare il decreto legislativo 30 giugno 2013 n. 196 e successive modificazioni (Codice in materia di protezione dei dati personali), con particolare riguardo all'utilizzo di modalità che permettano di identificare l'interessato solo in caso di necessità ai sensi dell'art.3, nonché le misure e gli accorgimenti a garanzia dell'interessato prescritti dal Garante per la protezione dei dati personali.

SEZIONE VII – AEROMODELLI

Non rientrano nelle previsioni del presente regolamento gli aeromodelli a volo libero classe FAI F1 con massa minore di 1,5 kg, quelli a volo vincolato circolare e quelli utilizzati in luoghi chiusi: "spazio indoor" (art. 35.9).

Su un aeromodello utilizzato in un luogo aperto al pubblico non possono essere installati dispositivi o strumenti che ne configurino l'uso in operazioni specializzate (art. 35.7).

RESPONSABILITÀ DELL'AEROMODELLISTA

- L'aeromodelista ai comandi dell'aeromodello ha la responsabilità di utilizzare il mezzo in modo da non arrecare rischi a persone o beni a terra e ad altri utilizzatori dello spazio aereo.

- Deve mantenere la separazione da ostacoli, evitare collisioni in volo e dare precedenza a tutti gli altri mezzi (art. 35.1).

- In presenza di traffico interferente di altro utilizzatore dello spazio aereo, l'aeromodello non ha diritto di precedenza e deve essere portato ad una altezza di sicurezza tale da non interferire con l'altro aeromobile (art. 35.5).

- È responsabile di ottemperare agli obblighi relativi e ottenere le eventuali autorizzazioni per l'utilizzo dello spettro elettromagnetico impegnato dal radiocomando (art. 35.2).

- Deve rispettare le eventuali disposizioni emesse dalle Amministrazioni locali competenti (art. 35.6).

- Le manifestazioni aeromodelistiche e l'esercizio degli aeromodelli nel corso delle manifestazioni devono essere effettuati in ottemperanza alle disposizioni emesse dall'Aero Club d'Italia (art. 35.8).

ATTIVITÀ E RISERVA DI SPAZIO AEREO

Non è richiesta riserva di spazio aereo se sono rispettate le condizioni in a) e b).

a) Gli aeromodelli sono:

- a volo libero o a volo circolare vincolato; o

- aerostati ad aria calda con peso totale del contenitore di gas trasportato per i bruciatori ≤ 5 kg;

e rientrano nelle seguenti caratteristiche:

- massa operativa al decollo (TOM) < 25 kg

- superficie alare ≤ 500 dm²;

- carico alare ≤ 250 g/dm²;

- cilindrata totale motori a pistoni ≤ 250 cm³,

- o potenza totale dei motori elettrici ≤ 15 kW,

- o spinta totale dei motori a turbina ≤ 25 kg (250 N),

- o potenza totale motori turboelica ≤ 15 kW.

b) L'attività rispetta i seguenti limiti:

- 1) Sia effettuata di giorno con l'aeromodelista che mantiene un continuo contatto visivo con l'aeromodello, senza aiuto di dispositivi ottici e/o elettronici;

- 2) in aree non popolate opportunamente selezionate dall'aeromodelista, entro un raggio massimo 200 m e fino ad un'altezza non superiore a 70 m, in zone non popolate, sufficientemente lontano da edifici, infrastrutture e installazioni,

- 3) al di fuori dell'ATZ di un aeroporto, oppure ad una distanza di almeno 5 km dall'aeroporto (ARP o coordinate geografiche pubblicate), laddove non sia istituita una ATZ a protezione del traffico d'aeroporto;

4) al di fuori dei CTR;

5) al di fuori delle zone regolamentate attive e delle zone proibite.

Qualora non siano soddisfatte una o più delle precedenti condizioni, l'attività deve svolgersi entro le aree istituite dall'ENAC per attività aeromodellistiche o in spazi aerei segregati.

Permane l'obbligo dell'attestato di aeromodellista con abilitazione al pilotaggio di aeromodelli rilasciato dall'Aero Club d'Italia nei casi di voli ad altezze superiori a 70 m AGL.

Nel caso non siano soddisfatte le limitazioni sul peso o sulla potenza di propulsione di cui al precedente comma a) l'aeromodellista deve avere almeno 18 anni e deve essere titolare dell'attestato di aeromodellista (art. 35.4).

ACRONIMI E DEFINIZIONI

Nella sottostante tabella sono evidenziati in carattere grassetto i termini e gli acronimi specifici dei SAPR e degli aeromodelli, come riportati all'Articolo 5 del Regolamento.

AGL	Above Ground Level	Distanza verticale di un oggetto dal suolo sottostante.
	Aeromobile	Ogni macchina che può trarre sustentazione nell'atmosfera da reazioni dell'aria diverse da quelle dovute all'effetto suolo.
	Aeroporto	Area delimitata su terra o acqua (comprendente gli edifici, le installazioni e gli impianti) o su una struttura fissa, offshore fissa o galleggiante, destinata in tutto o in parte all'arrivo, alla partenza e al movimento di superficie di aeromobili.
APR	Aeromobile a Pilotaggio Remoto	Mezzo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo, non utilizzato per fini ricreativi e sportivi.
ARP	Aerodrome Reference Point	Punto di riferimento dell'aeroporto. È situato nella posizione baricentrica dell'area aeroportuale.
ATS	Air Traffic Services	Servizi di Traffico Aereo
ATZ	Aerodrome Traffic Zone	Zona di Traffico di Aeroporto. Spazio aereo di dimensioni definite, istituito intorno ad un aeroporto, per la protezione del traffico aereo di aeroporto.
	Aeromodellista	Persona che è ai comandi di un aeromodello.
	Aeromodello	Dispositivo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo, impiegato esclusivamente per scopi ricreativi e sportivi, non dotato di equipaggiamenti che ne permettano un volo autonomo, e che vola sotto il controllo visivo diretto e costante dell'aeromodellista, senza l'ausilio di aiuti visivi.

	Arce congestionate	Arce o agglomerati usati come zone residenziali, industriali, commerciali, sportive, e in generale aree dove si possono avere assembramenti, anche temporanei, di persone.
	Area di Buffer	Arca intorno a quella di operazioni, stabilita per garantire livelli di safety applicabili per la tipologia di operazioni. Tale area deve avere caratteristiche analoghe a quella delle operazioni, l'adeguatezza delle sue dimensioni è determinata attraverso la valutazione dei possibili comportamenti dell'APR in caso di malfunzionamenti.
	Attività di ricerca e sviluppo	Attività di ricerca pura o finalizzata alla verifica di determinate concezioni di progetto del SAPR stesso o di nuovi equipaggiamenti, nuove installazioni, tecniche di impiego od usi.
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight	Operazioni condotte ad una distanza tale da non consentire al pilota remoto di rimanere in contatto visivo diretto e costante con il mezzo aereo, che non consente di gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.
	Ceiling	L'altezza al di sopra del suolo o dell'acqua della base dello strato più basso di nubi al di sotto di 6.000 metri (20.000 ft) che copre più della metà del cielo.
CTR	Control Zone	È uno spazio aereo controllato, posto in corrispondenza di uno o più aeroporti, che si estende verso l'alto a partire dalla superficie del suolo fino ad un dato limite superiore, istituito per contenere porzioni delle rotte strumentali di partenza e arrivo.
D&A o S&A	Detect and Avoid o Sense and Avoid	La capacità del pilota, tramite sistemi, di evitare collisioni a terra con veicoli ed aeromobili e collisioni in volo con altri utilizzatori dello spazio aereo, di rispettare le regole dell'aria, di evitare collisioni con il terreno, evitare condizioni meteorologiche avverse, rispettare i segnali visivi e di mantenere la pertinente visibilità e distanza dalle nubi in modo equivalente al See and Avoid previsto per gli aeromobili con pilota a bordo.
EASA	European Aviation Safety Agency	Agenzia Europea per la Sicurezza Aerea (Aviazione Civile)
EVLOS	Extended Visual Line Of Sight	Operazioni condotte in aree le cui dimensioni superano i limiti delle condizioni VLOS, e per le quali il requisito del mantenimento del contatto visivo con l'APR è soddisfatto con l'uso di mezzi alternativi.
	Massa Operativa al Decollo	Massa al decollo dell'APR in configurazione operativa, incluso il pay load (apparecchiature e installazioni necessarie per lo svolgimento delle operazioni previste).
MTOM	Maximum Take-Off Mass	È il valore massimo della massa al decollo di un aeromobile stabilito per evitare decadenza delle prestazioni e danni strutturali, ed è indicato nel manuale operativo ¹ .

MTOW	Maximum Take-Off Weight	È il peso corrispondente al MTOM ² .
	Operazioni Specializzate	Per lo scopo di questo Regolamento sono le attività che prevedono l'effettuazione, con un SAPR, di un servizio professionale a titolo oneroso o meno, quale ad esempio: riprese cinematografiche, televisive e servizi fotografici, sorveglianza del territorio o di impianti, monitoraggio ambientale, impieghi agricoli, fotogrammetria, pubblicità, addestramento.
	Osservatore SAPR	Persona designata dall'Operatore che, anche attraverso l'osservazione visiva dell'APR, può assistere il pilota remoto nella condotta del volo.
	Pilota responsabile	Nell'aviazione civile è il pilota designato dal proprietario dell'aeromobile, che assume il comando ed a cui è affidata la sicura condotta di un volo.
	Pilota remoto	Persona responsabile della condotta del volo, che, mediante una stazione di controllo a terra, agisce sui comandi di volo di un APR.
	Restrizione dello spazio aereo	Volume definito di spazio aereo sottoposto a determinate restrizioni al volo. Zona Vietata (identificata dalla sigla "Pxx" ove xx è un numero) è uno spazio aereo entro il quale il volo degli aeromobili è vietato, in una Zona Regolamentata ("Rxx") il volo degli aeromobili è subordinato al rispetto di specifiche condizioni, in una Zona Pericolosa ("Dxx") possono essere svolte attività pericolose per i voli o per gli aeromobili in orari determinati.
See and avoid	Vedere ed evitare	La capacità del pilota, tramite visione diretta, di evitare collisioni a terra con veicoli ed aeromobili, in volo con altri utilizzatori dello spazio aereo, di rispettare le regole dell'aria, di evitare condizioni meteorologiche avverse, di riconoscere segnali visivi, di mantenere la pertinente distanza dalle nubi.
SAPR	Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto	Sistema costituito da un mezzo aereo (APR) senza persone a bordo, utilizzato per fini diversi da quelli ricreativi e sportivi, e dai relativi componenti necessari per il controllo e comando (stazione di controllo) da parte di un pilota remoto.
	Sistema autonomo	SAPR per il quale il pilota non ha possibilità di controllare il volo del mezzo intervenendo in tempo reale
SNA	Servizi di Navigazione Aerea	Sono gli aiuti alla navigazione forniti da Enti del Traffico Aereo.
	Spazi aerei riservati/segregati	Spazi aerei riservati permanentemente/temporaneamente ad operazioni di APR o aeromodelli. (possono essere campi volo aeromodelli, campi volo o aviosuperfici chiusi al traffico ecc.)

	Spazio Indoor	Spazio confinato all'interno di luoghi chiusi.
TMA	Terminal Control Area	Arca Terminale di controllo. È uno spazio aereo controllato posto alla confluenza di più aerovie su uno o più aeroporti di grande traffico. In Italia ce ne sono 4: Milano, Padova, Roma, Brindisi.
	To be seen	La proprietà di un APR per le sue dimensioni e caratteristiche di essere avvistato, analoga a quelle di un aeromobile con pilota a bordo ai fini del rispetto delle regole dell'aria.
	Transponder	Dispositivo automatico che risponde ad un'interrogazione del radar secondario trasmettendo il codice impostato e la quota, e altre informazioni.
VFR	Visual Flight Rules	L'insieme delle Regole applicabili al Volo a Vista. Il Volo a Vista richiede condizioni meteorologiche VMC.
VLOS	Visual Line of Sight	Operazioni condotte entro una distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto visivo continuativo con il mezzo aereo senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni ³ .
VMC	Visual Meteorological Conditions	Condizioni meteorologiche di Volo a Vista, espresse come visibilità, distanza dalle nubi e ceiling eguali o maggiori ai minimi specificati.

Tabella 1.2

1. Nell'aviazione civile, la massa totale comprende quella dell'aeromobile a vuoto, con apparecchiature ed equipaggiamenti, più le masse dell'equipaggio, del combustibile, di passeggeri e bagaglio. La massa totale al decollo non deve superare il MTOM.
2. Il peso (forza-peso) è la forza prodotta su un corpo da un campo gravitazionale. La massa è una proprietà intrinseca del corpo, il peso varia a seconda del posto in cui viene misurato. Nella pratica i due termini sono usati senza distinzione.
3. La distanza entro cui possono essere svolte operazioni in VLOS è funzione della capacità del pilota di determinare l'effettiva condizione dell'APR in termini di posizione, assetto e velocità, nonché presenza di ostacoli e/o altri aeromobili. Il pilota è il responsabile finale nel determinare le condizioni di VLOS, che possono essere influenzate da condizioni meteo, posizione del sole e ostacoli.

EVENTI DA SEGNALARE

Dall' Allegato V al Regolamento di Esecuzione (UE) 2015/1018, che elenca gli eventi dell'aviazione civile che devono essere segnalati, si riportano quelli più significativi per i SAPR:

1.1. Operazioni di volo

- Involontaria perdita di controllo.
- Atterraggio al di fuori dell'area di atterraggio prevista.
- Qualsiasi volo effettuato con un aeromobile non idoneo, o per il quale non è stata completata la preparazione del volo, che ha, o avrebbe potuto mettere in pericolo l'aeromobile e i suoi occupanti o qualsiasi altra persona.
- Rilascio involontario del carico.

1.2. Eventi di carattere tecnico

- Forti vibrazioni anomale.
- Guasto o deterioramento importante della struttura dell'aeromobile.
- Perdita di qualsiasi parte della struttura dell'aeromobile durante il volo.
- Guasto di un motore, rotore, o altri sistemi essenziali.

1.3. Interazione con servizi di navigazione aerea (ANS) e di gestione del traffico aereo (ATM)

- Interazione con i servizi ANS (errori nei servizi, comunicazioni contraddittorie o non rispetto dell'autorizzazione) che ha o avrebbe potuto mettere in pericolo l'aeromobile e i suoi occupanti o qualsiasi altra persona.
- Violazione dello spazio aereo.

1.4. Emergenze e altre situazioni critiche

- Evento che dà luogo ad una chiamata d'emergenza.
- Incendio, esplosione, fumo, gas o vapori tossici sull'aeromobile.
- Sopravvenuta inabilità di un pilota con conseguente incapacità di svolgere qualsiasi mansione.

1.5. Ambiente esterno e meteorologia

- Collisione o mancata collisione a terra o in volo, con un altro aeromobile, con il suolo o con un ostacolo.
- Una mancata collisione con altro aeromobile, col suolo o un ostacolo evitata con una manovra d'emergenza.
- Impatto con selvaggina (volatili, ecc.) che abbia provocato danni all'aeromobile o la perdita o il malfunzionamento di un servizio essenziale.
- Interferenze con l'aeromobile da parte di armi da fuoco, fuochi d'artificio, aquiloni, illuminazione laser, luci ad alta potenza, laser, sistemi aerei a pilotaggio remoto, modellini di aeromobile o mezzi analoghi.
- Colpo da fulmine che causa un danno o la perdita di funzioni dell'aeromobile.
- Condizione di forte turbolenza che ha causato la necessità di una ispezione dei danni subiti dall'aeromobile.
- Formazione di ghiaccio, che ha o avrebbe potuto mettere in pericolo l'aeromobile o qualsiasi altra persona.

La definizione di Incidenti e Inconvenienti secondo l'Annesso 13 ICAO si trova nel 4° capitolo della sezione Regolamentazione Aerea.

IL FUTURO

Il 18 Dicembre 2015 EASA ha pubblicato una "Technical Opinion" in cui descrive le proposte per una normativa che assicuri lo sviluppo armonioso e sicuro dei SAPR, questo nuovo importante settore dell'aviazione.

L'introduzione e la "Technical Opinion" si possono trovare rispettivamente agli http:

<http://easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>

<http://easa.europa.eu/system/files/dfu/Introduction%20of%20a%20regulatory%20framework%20for%20the%20operation%20of%20unmanned%20aircraft.pdf>

Di seguito un breve sommario dell'Opinion, e gli scenari di alcune proposte interessanti.

Gli aeromobili senza pilota (talora chiamati 'droni' per uso civile) sono sempre più utilizzati in Europa, ma nell'ambito di un quadro normativo frammentato. Le regole nazionali applicabili sono diverse in tutta l'UE e le garanzie fondamentali non sono fornite in modo coerente. Sotto il termine "velivoli senza pilota" ricadono mezzi molto grandi, che ricordano in dimensioni e complessità gli aeromobili con equipaggio, e altri molto piccoli, assimilabili a prodotti dell'elettronica di consumo.

La Commissione Europea ha proposto di fissare nuovi standard per regolamentare le operazioni dei SAPR: riguarderanno safety, security, privacy, data protection, insurance, liability. L'obiettivo è permettere all'industria europea di diventare un leader globale nel mercato per questa tecnologia emergente, e allo stesso tempo assicurare che siano presenti tutte le necessarie salvaguardie.

A fine luglio 2015 EASA avviava un processo di consultazione su un nuovo quadro normativo. Prevede un approccio flessibile basato su regole che sono proporzionate al rischio che un'attività comporta per l'operatore e per i terzi: maggiore è il rischio, maggiori sono i requisiti.

L'obiettivo è garantire che, senza alcun compromesso sulla sicurezza, si stabilisca un ambiente flessibile che consenta a questo promettente settore di crescere.

Il processo di consultazione, concluso a settembre, ha originato un documento chiamato parere tecnico ("Technical Opinion").

Il 18 dicembre 2015 EASA ha pubblicato il formale parere tecnico sulle operazioni dei droni. Il parere stabilisce le basi per i futuri lavori per lo sviluppo di regole e linee guida, ed anche per la promozione della sicurezza, al fine di garantire che l'impatto sulla sicurezza del sistema aeronautico sia ridotto al minimo.

Il parere comprende 27 proposte concrete per un quadro regolamentare per consentire operazioni a basso rischio di tutti i droni, indipendentemente dalla loro massa. Le proposte sono centrate sulle operazioni, focalizzandosi sull'utilizzo dei droni piuttosto che sulle loro caratteristiche fisiche.

I principi ispiratori sono:

- **Proportionality** - È, se non la più importante, una caratteristica chiave. I requisiti sono proporzionati al rischio associato all'attività. Soprattutto per quelle a basso rischio, è stata valutata con cura la necessità di autorizzazioni.

- **Operation-centric** - Questa caratteristica è la focalizzazione sulla missione.

- **Risk-based** - Il livello di rischio dipende dall'energia e dalla dimensione del mezzo, dalla densità antropica nell'area sorvolata dallo spazio aereo e dal traffico che lo occupa. L'entità del rischio è classificata in tre categorie: 'open', 'specific' e 'certified'.

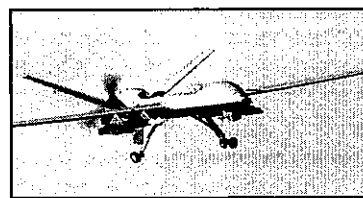
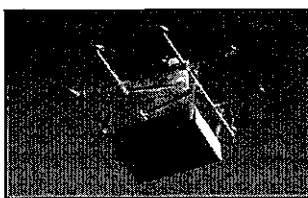
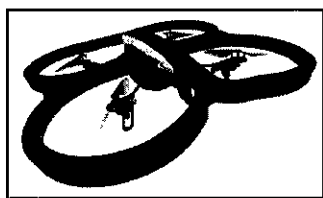
- **Performance-based** - Una regolamentazione basata su funzionalità e prestazioni che producano effetti misurabili.

• **Progressive** - Un operatore inizierà l'attività nella categoria 'open' con mezzi piccoli e semplici in condizioni di rischio molto basso, per evolvere a categorie e a mezzi più complessi in parallelo col crescere dell'esperienza.

• **Smooth** - L'introduzione dei droni nel mondo aeronautico deve avvenire in modo graduale, senza creare un aggravio agli altri operatori dell'aviazione civile.

Vediamo alcune proposte tra le più accreditate.

Con la **Proposta 1** si stabiliscono 3 categorie di rischio e di operazioni: "Open", "Specific" e "Certified" con crescenti requisiti di sicurezza.



OPEN

Low risk
Without involvement of Aviation Authority

Limitations (Visual line of sight, Maximum Altitude, distance from airport and sensitive zones)

Flight over populated area is possible if:
No overflying of crowds
Industry standards (Case of toy of less than 500 g)

SPECIFIC

Increased risk
Safety risk assessment

Approved by NAA possibly supported by Qualified Entities unless approved operator with privilege

Operation authorisation with operations manual

Concept of accredited body

Airworthiness of drone and competence of staff based on risk assessment

CERTIFIED

Comparable to manned aviation

Limit between specific and certified is not yet defined

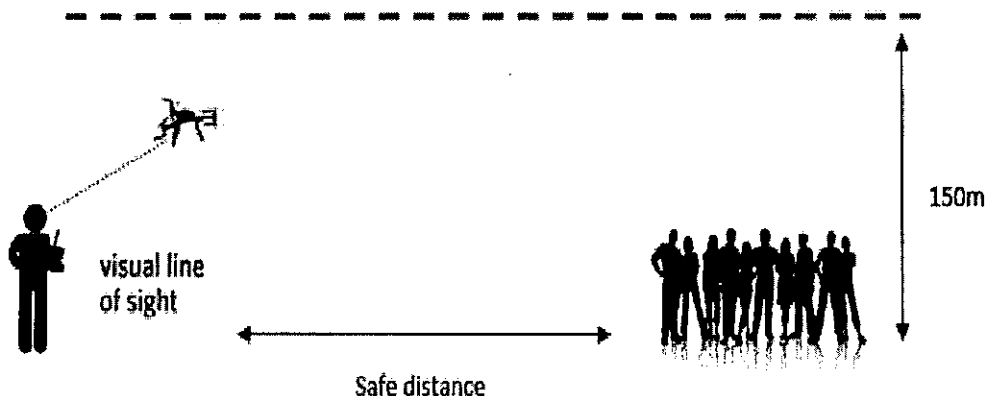
Pending criteria are defined, EASA accept application in its present remit

TC, C of A, Noise certificate, Approved Organisations, licences (Case of small drones)

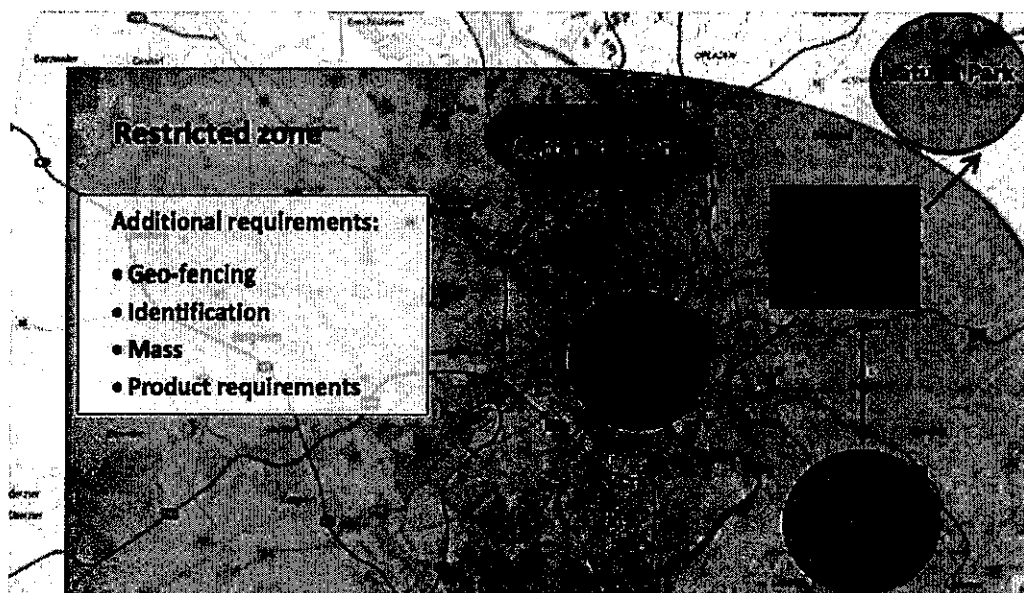
Command and Control and Detect & Avoid can receive an independent approval

Nella figura sono riportate le regole per le 3 categorie, rispettivamente a basso rischio, a rischio medio e ad alto rischio. Poiché comunque ci saranno incidenti bisogna limitarne le conseguenze: la valutazione del rischio terrà conto dell'attività e dei danni possibili a persone e cose più che del peso della macchina. E i vincoli regolamentari aumenteranno all'aumentare del rischio.

La **Proposta 14** definisce la separazione con gli altri spazi aerei nella “Categoria **Open**”. Le operazioni devono essere condotte in VLOS e l'altezza non deve superare 150 m.



Per mitigare il rischio (**Proposta 8**) saranno istituite nuove **categorie di zone aeree** che saranno definite dalle Autorità nazionali e nelle quali saranno applicati vincoli diversificati.



Sono state accennate tre delle 27 proposte descritte nel documento.

Nel corso del 2016 e del 2017 saranno sviluppate nuove regole, o quelle esistenti saranno modificate in linea con le proposte, gran parte delle quali è probabile saranno attuate. Il sito EASA riporterà l'approvazione e le Autorità nazionali le annunceranno nei paesi.

II CAPITOLO - ENTI AERONAUTICI

Verso la fine della seconda guerra mondiale s'incominciava a intravedere il ruolo sempre più importante che l'aviazione civile avrebbe rivestito. Il 7 dicembre 1944 i rappresentanti di 52 Stati si riunirono a Chicago per discuterne i problemi e lo sviluppo. Dalla **Convenzione di Chicago** nacque un organismo: l'**ICAO** (International Civil Aviation Organization), con lo scopo di favorire lo sviluppo del trasporto aereo e far adottare standard internazionali per l'aviazione.

Prevedendone la crescita e l'estensione su scala mondiale, si ritenne indispensabile standardizzare la condotta degli aerei, i servizi di supporto al volo, le caratteristiche e le competenze del personale, eccetera. Il risultato del lavoro furono le "SARPS" (Standard And Recommended PractiseS) descritte in documenti che prendono il nome di Annessi e che, continuamente aggiornate, costituiscono oggi le basi di riferimento. I metodi implementativi delle SARPS sono le "PANS" (Procedures for Air Navigation Services) contenute in documenti chiamati DOC. Ad esempio: l'Annex 2 contiene le Regole dell'Aria, il DOC 4444 - Regole dell'aria e Servizi del Traffico Aereo, fornisce un metodo per implementarle.

Nella conferenza di Chicago furono anche approvate le **cinque libertà dell'aria**, di cui le prime due, dette tecniche, sono accettate da tutti gli Stati membri. Queste sanciscono i seguenti diritti:

1. Il diritto di un aereo appartenente ad uno Stato contraente di sorvolare lo spazio aereo di un altro Stato contraente,
2. ... di atterrare nel territorio degli altri Stati contraenti, purché per scopi non commerciali.

Le altre tre libertà, dette commerciali, sono relative alla possibilità di imbarcare e sbarcare nel territorio di uno Stato contraente, passeggeri, merci e posta. Queste sono soggette ad accordi diretti tra gli Stati interessati.

Oggi gli Stati aderenti all'ICAO sono 190 e l'ICAO è l'ente normatore per l'aviazione civile. Le sue direttive non hanno forza di legge ma devono essere recepite dagli Stati.

ENTI EUROPEI

ECAC

L'ECAC (European Civil Aviation Conference) è un'organizzazione Europea fondata nel 1955 con lo scopo di favorire lo sviluppo del trasporto aereo Europeo. È il punto focale della cooperazione in materia di trasporto aereo a livello pan-europeo. Rappresenta un forum di discussione per tutte le tematiche del settore ed ha come obiettivo l'armonizzazione delle politiche e delle pratiche dell'aviazione civile tra gli Stati membri.

EASA

L'EASA Agenzia Europea per la Sicurezza Aerea (European Aviation Safety Agency) è il fulcro di un nuovo sistema normativo per un mercato unico Europeo dell'aviazione civile. Promuove norme per la sicurezza e per la protezione ambientale, fornendo con-

sulenza tecnica all'U.E. per la stesura di nuovi regolamenti e la conclusione di accordi internazionali. Ha anche assunto alcune funzioni operative prima svolte dalle Autorità Aeronautiche dei paesi membri. Tra le attività dell'EASA vi sono:

- attuare e monitorare le norme di sicurezza, anche attraverso ispezioni negli Stati membri;
- certificazione del tipo di aeromobili e componenti e approvazione di organizzazioni che si occupano di progettazione, produzione e manutenzione di prodotti aeronautici;
- rilasciare norme e procedure per le operazioni di volo dell'aeronautica civile;
- supervisione delle attività delle Autorità nazionali per l'approvazione delle organizzazioni di addestramento, ...;
- approvazione degli operatori commerciali da trasporto;
- certificazione di sicurezza delle compagnie aeree non europee.

Non rientrano tra i suoi compiti le problematiche relative alla "security": protezione da atti terroristici e simili.

JAA

La JAA (Joint Aviation Authorities) è stato il precursore dell'EASA, a cui dal 2009 ha trasferito tutti i compiti. È rimasta responsabilità JAA definire e implementare programmi di formazione aeronautica, attività svolta dall'Ufficio Formazione "JAA T.O." (Training Office).

EUROCONTROL

Ogni volo strumentale (IFR) mentre procede dall'aeroporto di partenza a quello di destinazione, occupa successive porzioni di spazio aereo per previsti intervalli di tempo. Affinché possa procedere speditamente, è necessario che questi spazi siano liberi e siano stati allocati a quel volo. Con l'aumentare del traffico, in orari particolari e lungo specifiche direttrici o su punti di confluenza, è facile che si creino affollamenti dello spazio aereo sino alla saturazione.

Eurocontrol è l'autorità Europea col compito di ricevere i piani di volo IFR e dirimere in modo equo i conflitti di richieste. Ha anche il compito di raccogliere le tasse d'aerovia.

JARUS

JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems 2007) è un gruppo di esperti delle varie autorità nazionali con lo scopo di definire un insieme unico di norme tecniche di sicurezza e operative per l'integrazione degli UAS negli spazi aerei.

ENTI ITALIANI

Il Codice della Navigazione tratta della navigazione marittima e aerea, ed è la fonte del diritto aeronautico. Nel 1985 il decreto 461 accolse i principi generali degli annessi ICAO della Convenzione di Chicago. Col DL 96 del 2005 fu riformata la parte aeronautica del Codice; nel 2006 col DL 151/2006 la parte aeronautica fu nuovamente aggiornata.

La gestione dell'aviazione civile comporta tre grandi aree:

- 1) la parte amministrativa si occupa della costruzione e del mantenimento degli aeroporti e provvede alla certificazione del personale e delle compagnie di trasporto,
 - 2) la parte tecnica sovrintende alla costruzione alla certificazione e alla manutenzione degli aerei,
 - 3) la parte di assistenza al volo fornisce i servizi del traffico aereo.
- In Italia l'ENAC sovrintende ai primi due punti, l'ENAV al terzo.

ENAC

L'**ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile)** si occupa dei molteplici aspetti della regolazione dell'aviazione civile, del controllo e vigilanza sull'applicazione delle norme adottate, della disciplina degli aspetti amministrativo-economici del sistema del trasporto aereo. Ha sede centrale a Roma in Viale Castro Pretorio 118, 00185 – Roma ed è rappresentata nei maggiori aeroporti italiani dalle Direzioni Aeroportuali.

Rientrano nel mandato istituzionale dell'ENAC: la "safety" e "security" dei trasporti aerei, i diritti del passeggero, la rappresentanza dell'Italia nelle maggiori organizzazioni internazionali dell'aviazione civile, e altri compiti.

L'Ufficio Registro Aeromobili (URA) dell'Enac ha la funzione di consegnatario del Registro delle Costruzioni e del Registro Aeronautico Nazionale (RAN). Attribuisce agli aeromobili le marche di nazionalità, rilascia il Certificato d'Immatricolazione e il Giornale di Bordo, registra i passaggi di proprietà, le esenzioni e le ipoteche, e registra gli aerei nel RAN: il pubblico registro aeronautico. Assegna anche agli aeromobili il codice transponder modo S.

L'Ufficio Tecnico rilascia e rinnova il Certificato di Navigabilità e rinnova, su delega del Ministero delle Comunicazioni, la licenza di Stazione radio per gli apparati di telecomunicazione di bordo. Esegue il collaudo e la certificazione dei nuovi velivoli e sovrintende ai lavori di costruzione, riparazione, revisione e modifica.

Un apposito ufficio ha il compito di mantenere gli albi della gente dell'aria, ossia delle persone che prestano attività professionale nel campo della navigazione aerea. La gente dell'aria comprende: 1) personale di volo, 2) personale addetto ai servizi di terra, e 3) personale tecnico-direttivo delle costruzioni aeronautiche. In particolare, nel personale di volo rientrano i piloti, i tecnici di bordo, il personale addetto ai servizi complementari di bordo.

I compiti delle Direzioni aeroportuali sono molteplici e svolti da vari uffici, tra i quali: l'Ufficio Controllo Traffico e l'Ufficio Licenze. Rientrano nei loro compiti: apertura e chiusura dell'aeroporto, vigilanza sugli impianti aeroportuali, controllo documenti di personale navigante e aeromobili, licenze, abilitazioni e rinnovi, tasse e diritti aeroportuali, coordinamento delle operazioni di soccorso in caso d'incidente di volo, eccetera.

ENAV

L'**ENAV Spa (Società Nazionale per l'Assistenza al Volo)**, ha il compito di gestire e controllare il traffico aereo civile in Italia. Ha sede in Roma Via Salaria, 716 – 00138 Roma.

È con l'Aeronautica Militare uno dei due fornitori dei servizi di traffico aereo (ATS Air Traffic Services). Fornisce i servizi di avvicinamento, decollo, atterraggio dalle Torri di Controllo di 39 aeroporti sparsi sul territorio nazionale, compresi: Roma, Fiumicino, Milano Malpensa e gli scali principali in termini di volumi di traffico. Fornisce i servizi di rotta dai 4 Centri di Controllo d'Area di: Brindisi, Milano, Padova e Roma, 24 ore su 24. Gestisce oltre 2 milioni di voli l'anno, oltre 7.000 il giorno.

Eroga altri servizi fondamentali per la sicurezza della navigazione aerea, tra questi: telecomunicazioni, informazioni aeronautiche, cartografia e procedure di volo, meteorologia, radiomisure. Pubblica e distribuisce le informazioni aeronautiche per l'operatività del traffico aereo. Emette le informazioni meteo, le previsioni di aeroporto e segnala fenomeni meteorologici pericolosi per il volo. Studia e rilascia le procedure per il traffico aereo e le carte aeronautiche per l'aviazione civile. Infine controlla in volo le radioassistenze per valutarne la precisione dei segnali.

ANSV

L'Agenzia nazionale per la sicurezza del volo (ANSV) è l'autorità investigativa per la sicurezza dell'aviazione civile dello Stato Italiano. È un'autorità pubblica, posta in posizione di terzietà rispetto al sistema aviazione civile, a garanzia di obiettività. Ha sede in Roma Via Attilio Benigni, 53 00156 Roma.

AEROCLUB D'ITALIA

L'Aero Club d'Italia (AeCI) esercita attività sportiva come federazione affiliata al CONI, favorisce l'istituzione di scuole di pilotaggio presso gli aeroclub federati, e promuove la diffusione della cultura aeronautica.

È incaricato della disciplina del Volo da Diporto e Sportivo (VDS) che riguarda gli apparecchi ultraleggeri. Per questi rilascia i certificati d'identificazione, gli attestati d'idoneità al pilotaggio, eccetera.

L'AeCI ha sede in Roma Via Cesare Beccaria, 35/A – 00196 Roma.

AERODINAMICA

Esperienze degli effetti dell'aria sui corpi in movimento fanno parte della nostra vita quotidiana: la resistenza incontrata sporgendo la mano o il viso dal finestrino dell'auto, la crescente solidità dell'aria all'aumentare della velocità correndo in moto, le banderuole segnamento, le girandole dei bambini fatte girare dal vento, eccetera.

Quando un corpo: un'auto, una vela, un oggetto, si muove nell'aria, il corpo subisce la forza dovuta al vento originato dal movimento o "vento relativo". Gli aeromobili sfruttano questa forza per sostenersi. Analogamente un'elica che ruota produce un flusso d'aria e ne riceve una spinta.

L'Aerodinamica tratta le forze che agiscono su un corpo dovute al moto relativo con l'aria.

Questa sezione ha l'obiettivo di presentare i concetti di aerodinamica necessari per capire come il drone possa sostenersi nell'aria e volare. Gli APR più pesanti utilizzano ali fisse per il sostentamento e una o più eliche per il moto; in quelli più leggeri le eliche forniscono ambedue le funzioni: sostentamento e movimento.

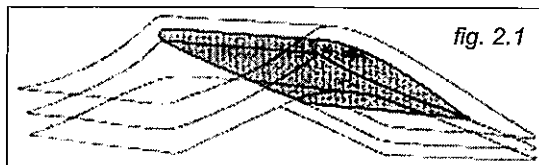
I principi che governano il moto di un corpo nell'aria sono trattati dapprima con riferimento all'ala fissa. Nel capitolo successivo sono estesi all'elica, che in effetti è un'ala rotante.

Sono descritte le manovre basiche: salita e discesa, imbardata, eccetera, ottenute variando i giri dei diversi rotori.

Si accenna anche alla stabilità, una caratteristica importante che determina il comportamento degli aeromobili. La stabilità può essere ottenuta sfruttando la forza peso, le reazioni aerodinamiche, o col controllo elettronico.

I CAPITOLO - Principi del sostentamento

Un oggetto investito da un flusso d'aria è sollecitato da una forza aerodinamica, che nasce per il moto relativo. Ne abbiamo un esempio se, in automobile o in un altro veicolo, sporgiamo la mano, esponendola al vento della corsa. Ci accorgiamo che la forza non solo spinge la mano all'indietro, ma tende ad alzarla. Possiamo anche notare che la forza varia con l'inclinazione della mano e la velocità. La **figura 2.1** rappresenta questo fenomeno, mostrando il movimento dell'aria che investe un corpo sagomato, che vuol rappresentare la nostra mano.

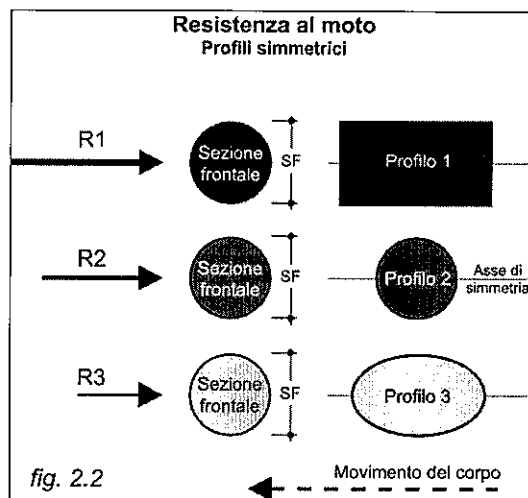


Il vento della corsa è chiamato "vento relativo", ha direzione opposta a quella del moto del corpo ed è tutt'altra cosa che il vento meteorologico. La forza esercitata dall'aria sul corpo è dovuta al vento relativo, chiamato anche **flusso aerodinamico** ed è la **reazione o forza aerodinamica**.

Una corrente d'aria che investe un corpo fermo evidenzia lo stesso effetto, ad esempio striscioline di carta attaccate ad un ventilatore sono spostate all'indietro e sollevate quando investite dal vento. Nel primo caso la mano è in moto rispetto all'aria ferma, nel secondo è l'aria in movimento che investe un corpo fermo.

Si chiama aerodinamica la scienza che studia i fenomeni connessi al moto relativo corpo-aria. È **equivalente che a muoversi sia il corpo oppure l'aria**. Grazie a questo principio, nella galleria del vento è possibile misurare la reazione aerodinamica agente su un corpo fermo e applicare i risultati quando invece è il corpo a muoversi nell'aria.

Se il corpo ha un asse di simmetria longitudinale, come quelli nella **figura 2.2** e questo è allineato con la direzione del moto, la forza aerodinamica che agisce sul corpo ha la direzione del vento relativo - direzione opposta a quella del moto - e provoca soltanto resistenza. Questa può essere ridotta dando al corpo una forma opportunamente affusolata. La figura mostra le viste frontale e



laterale di tre solidi regolari, in moto da destra verso sinistra. Sono, dall'alto verso il basso: un cilindro a sezione circolare, una sfera ed un ellissoide. I tre solidi hanno tutti la stessa sezione frontale: SF, sono cerchi di egual superficie. Hanno sezioni longitudinali sempre più affusolate dal profilo 1, al profilo 2, al profilo 3. La resistenza al moto, rappresentata dai vettori: R1, R2, R3, diminuisce dal profilo rettangolare a quello ellittico.

Se l'asse longitudinale del corpo viene inclinato rispetto alla direzione del moto, la forza aerodinamica non coincide più con la direzione del vento relativo. Nasce un'altra forza perpendicolare alla **resistenza**: la **portanza**.

PORTANZA E RESISTENZA - IL PROFILO ALARE

Più in generale, se il corpo non ha un asse di simmetria longitudinale oppure se l'asse di simmetria non ha la stessa direzione del movimento, la reazione aerodinamica non ha la direzione del vento relativo e si può quindi decomporre in **resistenza e portanza**. Nella **figura 2.3** è schematizzata la sezione trasversale di un profilo alare in movimento da destra verso sinistra.

Può essere la sezione dell'ala di un aereo oppure la sezione della pala di un'elica. Il flusso aerodinamico (o vento relativo) ha la stessa direzione del movimento del profilo e verso opposto, da sinistra verso destra.

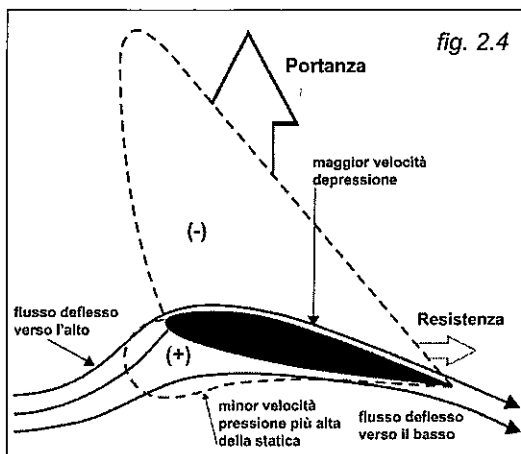
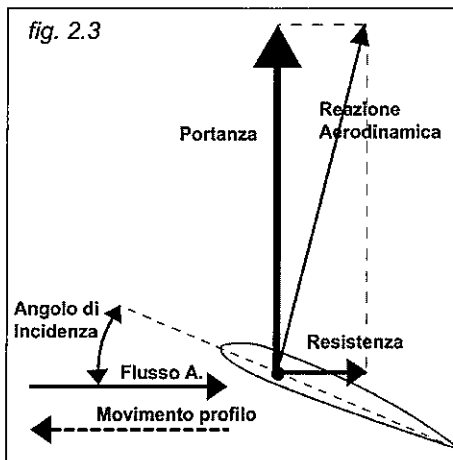
La reazione aerodinamica sul profilo in movimento equivale a due forze: la **Resistenza** nella direzione del flusso e che si oppone al moto, la **Portanza** perpendicolare al flusso e che spinge verso l'alto il profilo.

L'angolo tra il flusso aerodinamico e il profilo alare è l'incidenza i , da cui dipendono i fenomeni aerodinamici.

In galleria del vento Resistenza e Portanza possono essere misurate. Le prove sono eseguite su corpi opportunamente sagomati: ali, la cui sezione trasversale si chiama **profilo alare**, in diverse combinazioni di: velocità del vento relativo, incidenza, superficie e geometria del profilo alare. Le rilevazioni indicano che Portanza e Resistenza aumentano con la superficie dell'ala e se la velocità del vento relativo raddoppia divengono quattro volte più grandi. Portanza e Resistenza diminuiscono se l'aria è rarefatta, come in quota. L'effetto dell'incidenza è espresso tramite due coefficienti: il coefficiente di portanza c_p e quello di resistenza c_r . Per piccoli angoli d'incidenza il c_p , e con esso la portanza, cresce proporzionalmente all'incidenza; il c_r , e con esso la resistenza, cresce rapidamente. Con profili opportunamente sagomati e bassi valori d'incidenza, P è molto maggiore di R .

ORIGINE DELLA PORTANZA

Con sensori posti in vari punti attorno al profilo alare, si può rilevare la distribuzione delle pressioni e delle velocità dell'aria e, con coloranti, evidenziare i percorsi delle particelle d'aria (linee di flusso). La velocità sulla parte superiore del profilo è maggiore di quella sulla parte inferiore; sopra il profilo si forma una depressione rispetto all'aria in quiete, mentre sotto la pressione è maggiore. Si nota inoltre che il flusso aerodinamico è de-



Nella **fig. 2.4** si vede la distribuzione delle pressioni attorno al profilo: le aree indicano il contributo alla portanza. Si vede il flusso deflesso verso l'alto al bordo di attacco (l'effetto è minimo) e deflesso verso il basso con velocità maggiore al bordo di uscita.

flesso verso il basso al bordo posteriore del profilo: per il principio di azione-reazione ciò produce una spinta verso l'alto, spinta che si aggiunge a quella dovuta alla differenza di pressione tra dorso e ventre.

La portanza è quindi dovuta alla differenza di pressione tra dorso e ventre e alla deflessione verso il basso del flusso aerodinamico al bordo di uscita.

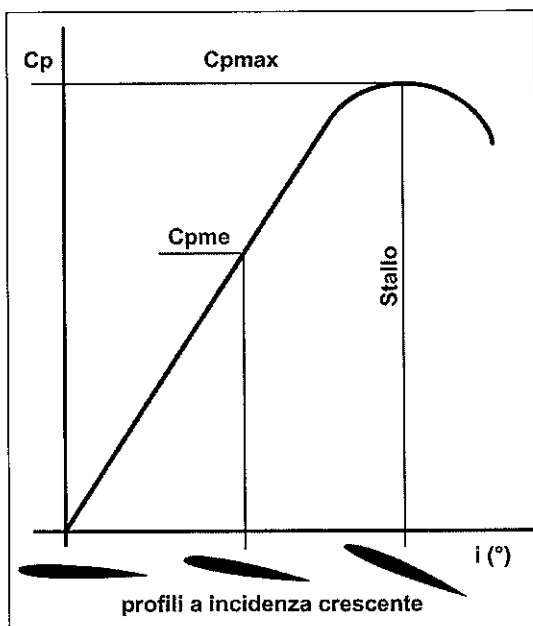
PORTANZA, INCIDENZA E STALLO

Per una data velocità, la portanza di un'ala dipende dall'incidenza: l'angolo tra il vento relativo e la corda del profilo alare. La distribuzione delle pressioni attorno al profilo alare varia con l'incidenza.

A bassa incidenza ($i \leq 6^\circ$) le particelle d'aria riescono a seguire l'andamento del profilo, cui sono mantenute aderenti dalla viscosità dell'aria. Con l'aumentare dell'incidenza oltre alla portanza aumenta la resistenza, questa molto più rapidamente. I filetti d'aria iniziano a staccarsi dal profilo a partire dal bordo d'uscita, creando una zona di vortici che si estende progressivamente verso il bordo d'attacco. L'aria ventrale in pressione fluisce dal ventre al dorso, attirata dalla depressione dorsale. Il punto di applicazione della forza aerodinamica si sposta in avanti.

A mano che l'incidenza aumenta, i filetti fluidi non riescono più a seguire la curva necessaria per aderire al profilo, e si staccano e si riattaccano in rapida successione, mentre la resistenza continua ad aumentare. Si può vedere lo svilupparsi del fenomeno incollando fili di lana sul profilo. A basse incidenze il flusso segue la superficie ed i fili rimangono aderenti; all'aumentare dell'incidenza in vicinanza dello stallo i fili cominciano a vorticare a partire dal bordo d'uscita. Avvicinandosi all'angolo critico, che nei profili alari più comuni è $15^\circ + 18^\circ$, la depressione dorsale è ridotta alla sola parte più vicina al bordo d'attacco, il flusso aerodinamico diviene instabile. Superando tale angolo il profilo **stalla**: la portanza diminuisce bruscamente.

Tutti i profili alari, siano esse parti di ali o di altre superfici o di eliche, se portati ad incidenze superiori a quella critica, stallano.



Il grafico 2.5 mostra come varia il coefficiente di portanza (C_p) al crescere dell'incidenza.

*Si nota che C_p cresce proporzionalmente all'incidenza sino a poco prima del valore massimo ($C_{p_{max}}$) o di Stallo. L'incidenza a cui ciò avviene si chiama **incidenza critica o di stallo**. A incidenze maggiori la portanza diminuisce bruscamente, pur senza crollare immediatamente a zero. Siccome il profilo è simmetrico, per incidenza zero non c'è portanza.*

Nella parte in basso della figura si vedono profili a incidenze crescenti, che producono coefficienti di portanza (come si vede nei punti sul grafico) crescenti e portanze crescenti. $C_{p_{me}}$ è il punto di massima efficienza.

LA RESISTENZA E L'EFFICIENZA

La portanza viene pagata con la resistenza che deve essere vinta dalla potenza del motore¹. Poiché la portanza è indispensabile per mantenere l'aereo o l'elicottero o il mulicottero in aria, mentre per avere potenza motrice è necessario consumare carburante o energia elettrica, è conveniente operare in condizioni vicine a quella in cui si ha il miglior rapporto portanza/resistenza. Tale condizione ottimale è chiamata di massima efficienza, e per la maggior parte dei profili si trova a un'incidenza di 4° - 6° . Non è fattibile praticamente operare sempre in tale condizione. Bisogna in ogni modo evitare di avvicinarsi all'incidenza di stallo, pena forte incremento della resistenza, vibrazioni ed infine perdita della portanza.

PROFILI ALARI

In un profilo alare (*figura 2.6*) si riconoscono: il bordo d'attacco (il punto più avanzato del profilo), il bordo d'uscita (il punto più arretrato), la superficie superiore o dorso, la superficie inferiore o ventre. Corda alare è la linea dritta che congiunge bordo d'attacco e d'uscita, la linea media unisce i punti situati a metà tra il dorso e il ventre. Se la linea media coincide con la corda, il profilo è simmetrico. La distanza tra la linea media e la corda, misurata perpendicolarmente alla corda, si chiama freccia. Spessore è la distanza tra dorso e ventre; il punto di massimo spessore può trovarsi in posizione più o meno avanzata. Le caratteristiche di un profilo sono definite dai rapporti tra le sue dimensioni: freccia massima/corda, spessore/corda, eccetera. I profili sono classificati col codice NACA.

I profili sono individuati dalla conformazione della superficie ventrale e di quella dorsale: si distinguono pertanto in **piano-convessi**, **concavo-convessi**, **biconvessi simmetrici** e **asimmetrici**. Il primo aggettivo descrive la forma della superficie ventrale, il secondo di quella dorsale.

Profili piano-convessi offrono buona portanza e sono utilizzati per aerei lenti; in aerei veloci i profili sono biconvessi asimmetrici. Per le pale delle eliche si usano profili concavo-convessi e piano-convessi, nel rotore di coda degli elicotteri i profili sono biconvessi simmetrici.

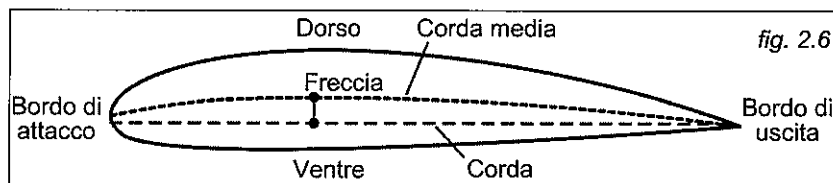


fig. 2.6

RESISTENZA PARASSITA E INDOTTA

La resistenza è la componente della forza aerodinamica che si oppone al movimento nell'aria di un corpo. Deriva dalla perturbazione che il movimento di un corpo crea nell'aria e dipende dalla forma del corpo e dalla levigatezza della sua superficie esterna.

¹ La frase contiene, per immediatezza di esposizione, qualche licenza rispetto alle leggi della fisica.

Forme aerodinamiche e superfici ben levigate e rifinite con vernici adatte la riducono di molto. Questo tipo di resistenza è chiamata: "parassita" o di profilo, ed è prevalente a velocità elevate. La resistenza cresce col quadrato della velocità e ciò spiega gli sforzi prodigati per ridurla.

A bassa velocità e ad angoli di incidenza elevati (quasi in vicinanza dello stallo) alle estremità delle ali si formano vortici prodotti dall'aria che fluisce dal ventre verso la depressione dorsale. Tali vortici sono responsabili di questo secondo tipo di resistenza, chiamata: resistenza indotta, prevalente a bassa velocità.

EFFETTO SUOLO

Quando l'aereo è vicino al suolo, la formazione dei vortici è ostacolata dalla vicinanza del terreno e la resistenza indotta diminuisce. Il fenomeno, chiamato "**effetto suolo**", è percepibile a un'altezza inferiore all'apertura alare, e sempre più col diminuire dell'altezza. La minor resistenza favorisce l'accelerazione in decollo mentre in atterraggio estende la traiettoria.

L'effetto suolo, si può osservare, è sfruttato dagli uccelli che spesso sul mare volano a pelo dell'acqua.

Sugli elicotteri e sui multicotteri i rotori spingono verso il basso flussi d'aria che, incontrando il suolo, si espandono e sono deviati anche verso l'alto formando una zona di turbolenza. Il fenomeno è più forte sino ad un'altezza pari al diametro del rotore.

I VORTICI E LA TURBOLENZA DI SCIA

Il movimento di un aeromobile crea perturbazioni nell'aria, così come una nave produce una scia che si estende e si allarga dietro la poppa, scia tanto più grande quanto maggiore è la stazza. Un altro natante che attraversi la scia è soggetto a beccheggio e rollio, tanto più forti quanto minore è la sua stazza e maggiore la velocità.

Sono particolarmente pericolosi i vortici che iniziano dalle estremità delle ali: l'aria fluisce dal ventre, in pressione, verso il dorso, in depressione. I due vortici allontanandosi dall'aeromobile stesso si allargano e scendono.

La scia permane nell'aria per alcuni minuti. Un altro aeromobile che la attraversi è soggetto a forze che causano beccheggio, rollio e imbardata e possono portare al rovesciamento o ad assetti inusuali. L'intensità dei vortici aumenta col peso dell'aereo ed è particolarmente forte in decollo e in atterraggio; può eccedere l'autorità dei comandi di volo dell'aereo che vi è entrato, rendendo impossibile anche a un pilota esperto conservare il con-



La **figura 2.7**, in cui vortici sono rivelati da fumi colorati, trasmette un'impressionante sensazione della loro violenza.

trollo. Nelle vicinanze dei vortici s'incontra forte turbolenza.

Anche il rotore di un elicottero - è un'ala rotante - produce scie laterali vorticose. Vortici sono prodotti dagli elicotteri non solo durante il volo ma anche in volo stazionario ("hovering"), e sono pericolosi.

Per evitare la turbolenza di scia un aeromobile leggero deve rimanere al di sopra della traiettoria dell'aeromobile più pesante perché i vortici tendono a scendere e a stabilizzarsi circa 300 m sotto la traiettoria, allontanandosene e dissipandosi. In ogni caso è prudente che un aereo leggero che segue uno medio mantenga una separazione in tempo di almeno due/tre minuti per consentire che i vortici si allontanino e si dissipino.

II CAPITOLO - L'Elica e i multicotteri

Per analizzare le forze che agiscono su un aeromobile, sia esso un aereo o un multicottero, si stabilisce un sistema di riferimento costituito da tre assi Cartesiani, solidali con l'aeromobile e che s'incrociano nel suo baricentro. Sono: l'**asse X o longitudinale**, **Y o trasversale** (o laterale), e l'**asse Z o verticale** (*fig. 2.8*).

La rotazione attorno all'asse verticale si chiama imbardata, quella attorno all'asse trasversale beccheggio, attorno all'asse longitudinale rollio. Gli assi si chiamano anche: "asse di imbardata", "... di beccheggio", "... di rollio".



Figura 2.8 Gli assi dell'aeromobile

Dal peso dell'aeromobile dipendono tutte le prestazioni: decollo, salita, velocità, autonomia. La disposizione del carico e il suo possibile spostamento in volo fanno variare l'assetto longitudinale e laterale e, se eccedono i limiti prescritti nel manuale di volo, possono rendere l'aeromobile instabile e al limite non più controllabile.

Il baricentro (C.G. Centro di Gravità) dell'aereo col carico utile: carburante, pilota e passeggeri, bagagli, deve cadere lungo l'asse longitudinale entro un ben specificato settore della corda alare.

Nell'elicottero il carico utile deve essere disposto vicino al baricentro del mezzo.

Analogamente nei quadricotteri e multicotteri il carico, inclusi i dispositivi aggiuntivi, non deve spostare il baricentro del mezzo, ad evitare problemi di instabilità.

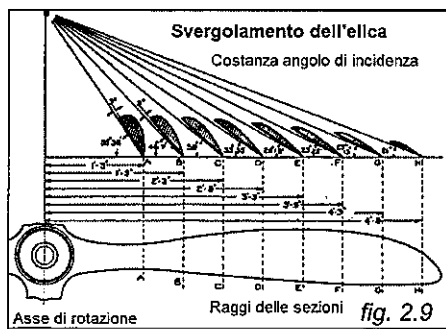
L'ELICA

L'elica è l'organo meccanico che utilizza la potenza disponibile sull'albero motore per accelerare all'indietro una massa d'aria ricevendo, in accordo col principio di azione-reazione, una spinta in avanti. Le eliche ad asse orizzontale generano la trazione che fa procedere l'aereo nell'aria vincendo la resistenza aerodinamica. Le eliche ad asse verticale generano la spinta che sostiene in aria l'elicottero e il multicottero vincendo la forza di gravità.

Un'elica è costituita da due o più pale applicate radialmente su un mozzo, in cui s'innesta l'albero motore. Nell'elica a passo fisso le pale sono calettate direttamente sul mozzo. Raggio di una sezione della pala è la distanza della sezione dall'asse di rotazione. Disco dell'elica è il cerchio descritto dall'estremità delle pale.

Nella sezione di una pala, fatta a qualsiasi distanza dall'asse di rotazione, si riconosce facilmente un profilo alare. Sezione media è quella che si trova al 75% del raggio. L'angolo di calettamento è l'angolo formato tra la corda della sezione e il piano di rotazione. Poiché la velocità delle sezioni aumenta dall'asse alla periferia, l'angolo di calettamento diminuisce dalla radice all'estremità, così che tutte le sezioni siano investite dal vento relativo dovuto alla rotazione con la stessa incidenza: ciò si ottiene svergolando le pale (come in *fig. 2.9*).

Si chiama passo geometrico dell'elica la distanza di cui l'elica avanzerebbe in un giro



La figura 2.9 mostra l'asse di rotazione dell'elica e diverse sezioni di una pala a raggi crescenti. Si nota che le sezioni sono profili aerodinamici; le linee oblique che convergono sull'asse mostrano come grazie allo svergolamento della pala rimanga costante l'angolo di incidenza delle sezioni dalla radice all'estremità.

di rotazione immaginandola come una vite che si avvitò in un corpo solido. La distanza effettivamente percorsa si chiama "avanzo" e "regresso" è la differenza tra il passo geometrico e l'avanzo. Il passo dell'elica dipende dall'angolo di calettamento.

Si dicono destrorse le eliche con senso di rotazione orario viste da dietro, sinistrorse con senso di rotazione antiorario.

Il diametro del disco e il passo, di solito espressi in pollici, sono le misure caratteristiche di un'elica e, in aggiunta al senso di rotazione, la contraddistinguono.

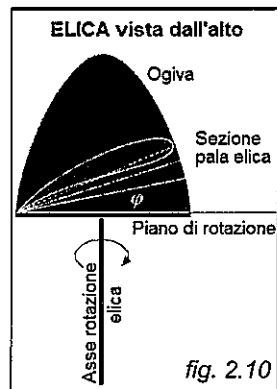
CARATTERISTICHE FISICHE

Per non causare vibrazioni l'elica dev'essere bilanciata. I materiali utilizzati per la costruzione devono essere resistenti e flessibili: legno o alluminio o leghe o compositi. Per aumentare la potenza trasmessa si può aumentare la velocità di rotazione, purché l'estremità delle pale non raggiunga velocità transoniche, pena forte incremento della resistenza, vibrazioni e decadimento dell'efficienza. È anche possibile aumentare la superficie delle pale o il numero.

La maggior parte degli aerei per addestramento iniziale e di multicotteri sono dotati di elica a passo fisso, robusta e di semplice utilizzo, valida anche se il rendimento è ottimale in un arco ristretto di velocità.

Le eliche a passo variabile estendono l'arco di rendimento ottimale; sono più complesse e richiedono i dispositivi per la variazione del passo. Ne sono dotati anche alcuni tipi di multicottero. In alcuni casi si è ritenuto necessario far sì che il passo possa andare in negativo, così da invertire la direzione della spinta. Questa possibilità è sfruttata per rallentare l'aereo una volta atterrato ed è indispensabile nel rotore degli elicotteri per fare atterraggi in avaria motore.

Nell'elica a passo variabile le pale sono innestate sul mozzo tramite cuscinetti che permettono loro di ruotare radialmente variando l'angolo di calettamento. Il passo variabile permette di mantenere buona efficienza in un più ampio arco di velocità.



La figura 2.10 mostra l'asse di rotazione di un'elica a passo variabile, il piano di rotazione e la sezione di una pala in cui si riconosce il profilo alare. Le linee sottili mostrano le diverse posizioni della corda variando il passo dell'elica. φ è l'angolo di calettamento che va da zero al valore massimo.

FUNZIONAMENTO DELL'ELICA

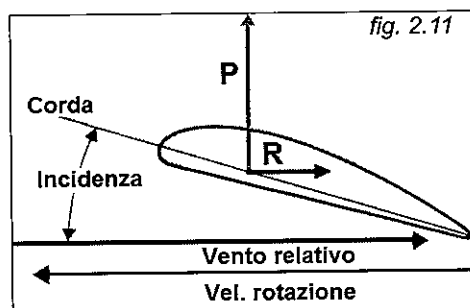
Sotto l'azione delle pale l'aria è spinta all'indietro e assume un moto chiamato appunto "elicoidale", combinazione di un moto assiale e di uno rotativo. Per comprendere l'origine della trazione (o spinta) prodotta dall'elica si possono usare due modelli fisici equivalenti. Il primo è considerarla come un'ala rotante e applicare all'elica le considerazioni già svolte per l'ala fissa. Oppure si può considerare l'elica come un dispositivo che accelera all'indietro l'aria e, in accordo con le leggi della dinamica, ne riceve per reazione una forza in direzione opposta.

In ambedue i modelli rimangono valide le considerazioni sull'incidenza di stallo e di massima efficienza.

Nella **figura 2.11** si vede la sezione della pala di un'elica. Il vento relativo ha direzione opposta al movimento dovuto alla rotazione e origina sulla pala una reazione aerodinamica scomponibile in una forza **P** diretta lungo l'asse e una **R** nel piano perpendicolare all'asse. **P** o portanza è la trazione nel caso dell'aereo o la spinta verso l'alto nei rotori dei multicotteri e dell'elicottero. **R** o resistenza giace nel piano dell'elica e si oppone alla rotazione. La potenza del motore serve per mantenere l'elica in rotazione, bilanciando la potenza resistente.

L'elica è in effetti un ventilatore che accelera una massa d'aria e, come reazione, ne riceve una spinta in direzione opposta (*ogni ventilatore ha una base pesante o deve essere fissato perché non si ribalti*). È lo stesso principio di funzionamento del motore a getto ("jet"). La spinta **P** (o portanza) è data dalla variazione della quantità di moto per unità di tempo impressa dall'elica all'aria trattata $P = m \cdot (\Delta v / \Delta t)$. È quindi $P = f \cdot \Delta v$ ove $f = m / \Delta t$ è il flusso d'aria massico e Δv l'aumento di velocità da monte a valle dell'elica. La potenza fornita dal motore (**W**) mantiene in rotazione l'elica e dipende dal numero di giri e dal passo e diametro dell'elica.

La **figura 2.11** è la vista di fronte della pala di un rotore ad asse verticale. Il vento relativo causato dalla rotazione produce la portanza **P** che sostiene il rotore, la resistenza alla rotazione **R** è "vinta" dalla forza motrice. Per aumentare la spinta **P** (portanza) del rotore si possono aumentare gli RPM, o aumentare il passo se variabile, aumentando così l'incidenza. In fase di disegno si può scegliere un'elica con passo o diametro maggiore. Aumentando uno di questi aumenta anche la resistenza alla rotazione e il motore deve dare maggiore potenza.



EFFETTI DELL'ELICA

Un'elica produce anche effetti secondari. Tra quelli di natura meccanica vi sono l'effetto coppia-controcoppia e la precessione giroscopica. Quando l'aeromobile si muove nascono anche effetti aerodinamici.

Gli effetti aerodinamici dovuti alle forze che il flusso elicoidale provoca investendo i piani di coda dell'aereo non sono qui di interesse ma si possono trovare in tutti i testi di pilotaggio aerei.

Gli effetti sono descritti nei due casi di elica ad asse orizzontale, quale è sull'aereo, e ad asse verticale come nell'elicottero e nei multicotteri. I primi due sono di natura mec-

canica, il terzo aerodinamica. Sono:

1) L'effetto coppia-controcoppia, in breve: "effetto coppia", è la tendenza dell'elica a far ruotare in senso opposto il supporto su cui è montata, sia esso un aeroplano, un elicottero, un multicottero o la base di un ventilatore.

2) L'elica in rotazione è un giroscopio e ne esibisce le tipiche proprietà: rigidità e precessione.

3) Quando un rotore con asse verticale (elicottero, multicottero) è in volo traslato la velocità di avanzamento causa una differenza di portanza tra il semicerchio delle pale avanzanti e retrocedenti, differenza che provoca rollio.

1) EFFETTO COPPIA

L'effetto coppia viene bilanciato negli elicotteri per mezzo del rotore di coda che produce una forza il cui momento eguaglia la coppia del rotore principale. Questa soluzione comporta uno spreco di potenza.

Un'altra soluzione è avere un altro identico rotore ruotante in senso opposto alla stessa velocità: i due effetti coppia opposti si compensano. Taluni elicotteri hanno due rotori controrotanti, a volte coassiali.

Nei multicotteri, grazie ai rotori a due a due controrotanti con gli stessi RPM, l'effetto è azzerato.

2) EFFETTO GIROSCOPICO

Il complesso motore-elica costituisce un ottimo giroscopio, e ne esibisce le caratteristiche proprietà.

La prima è la rigidità giroscopica vale a dire la tendenza a mantenere costante la direzione dell'asse di rotazione e a resistere alle forze devianti. La seconda è la precessione: la tendenza a disporsi lungo la direzione perpendicolare al piano individuato dalla forza applicata e dall'asse di rotazione. Quando l'orientamento dell'asse viene a forza variato, e ciò accade nelle virate e nelle cabrate e picchiate, il giroscopio reagisce con un moto di precessione.

Nell'aereo monomotore l'effetto è contrastato dal pilota con i comandi di volo.

Nei quadricotteri, e negli esacotteri, ... eccetera, grazie ai rotori a due a due controrotanti con gli stessi RPM, gli effetti sui due rotori si compensano.

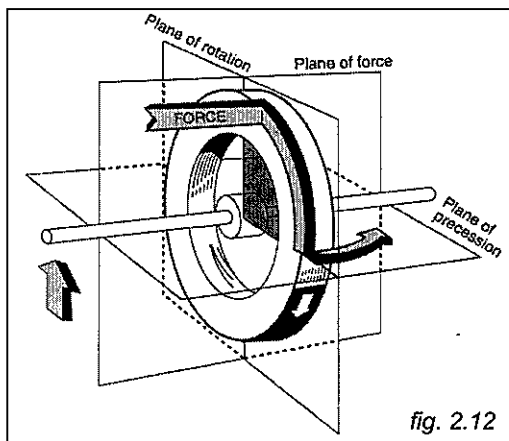
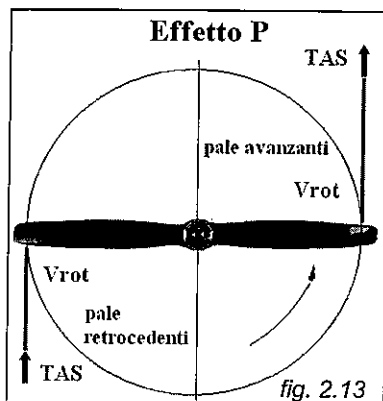


fig. 2.12

Nella **figura 2.12**, l'asse del giroscopio rappresenta quello del complesso motore-elica; la direzione di volo è da sinistra verso destra. Se una forza, dovuta ad azione del pilota o turbolenza, fa picchiare l'aereo, la precessione causa un'imbardata a sinistra. Se l'aereo cabra l'imbardata è a destra. Analogamente se l'aereo vira a sinistra tende a cabrare, se a destra a picchiare. Il modo più semplice per trovare la direzione della precessione è vedere quale sia il punto di applicazione della forza deviante equivalente da applicare sulla corona del giroscopio. Se la forza deviante sull'asse di rotazione è diretta verso l'alto per far abbassare il muso dell'aereo, la forza equivalente sulla corona è quella indicata dalla freccia "FORCE". Spostandola di 90° lungo la direzione di rotazione, come in figura, si ottiene il punto di applicazione della reazione, chiamata "precessione", perché "precede" la forza deviante.

3) EFFETTO P

La **figura 2.13** vuol rappresentare, visto dall'alto, il rotore di un elicottero mentre l'elicottero sta volando con velocità TAS (True Air Speed). La velocità relativa all'aria di una sezione della pala è data dalla somma vettoriale della velocità dovuta alla rotazione V_{rot} e della velocità dell'elicottero TAS. Il vento relativo che agisce sulla sezione ha stessa direzione e senso opposto alla velocità all'aria. Come si vede dalla figura la pala a destra è investita dal vento relativo con velocità maggiore di quella a sinistra perché le due velocità si sommano, mentre nell'altro la TAS si sottrae dalla V_{rot} . Il cerchio di rotazione risulta così diviso dalla velocità dell'elicottero in due semicerchi: il semicerchio delle pale avanzanti che, grazie alla velocità maggiore, producono maggiore portanza e quello delle pale retrocedenti, che ne producono di meno.



Se non venisse apportato qualche accorgimento la spinta del rotore dall'asse di rotazione si sposterebbe nel semicerchio delle pale avanzanti, originando una coppia di rollio. Negli elicotteri il calettamento delle pale varia nei 360° in modo da compensare il diverso vento relativo. Questa soluzione è complessa meccanicamente: le pale sono collegate al mozzo per mezzo di cerniere e sono necessari dispositivi di azionamento.

La coppia ribaltante può essere compensata se un secondo rotore fornisce una coppia ribaltante opposta, così che le due si annullano. Tale è il bilanciamento che si ha nei quadricotteri, grazie ai rotori a due a due controrotanti.

ELICOTTERO E QUADRICOTTERO - VOLO A PUNTO FISSO E TRASLATO

Un rotore ad asse verticale, come è quello dell'elicottero e come sono quelli dei multicotteri, produce un flusso d'aria verso il basso e per reazione questo genera una forza diretta verso l'alto. Questa spinta si oppone al peso e consente il sostentamento in aria. Quando l'elicottero o il multicottero sono fermi in volo stazionario ("hovering") la spinta complessiva è eguale al peso.

La spinta può essere aumentata aumentando l'angolo di calettamento, come si fa negli elicotteri col comando collettivo, oppure aumentando i giri dei rotori, come si fa nei quadricotteri con eliche a passo fisso. L'eccesso di spinta rispetto al peso fa salire l'aeromobile. Viceversa in difetto di spinta l'aeromobile scende. La velocità di salita (o di discesa) varia l'incidenza del vento relativo sulle pale del rotore diminuendone (aumentandone) la spinta.

Il volo traslato è ottenuto inclinando il piano di rotazione del rotore o dei rotori nella direzione voluta in modo che la componente orizzontale della spinta fornisca la necessaria trazione. Negli elicotteri ciò è ottenuto col comando ciclico; nei quadricotteri aumentando la spinta del rotore posteriore e diminuendo quella del rotore anteriore. La spinta totale dev'essere aumentata altrimenti la sua componente verticale non sarebbe più sufficiente per bilanciare il peso.

Nei multicotteri il volo è praticamente sempre a punto fisso: la velocità di traslazione è infatti una frazione della velocità di rotazione delle pale.

L'ELICOTTERO

L'elicottero è un aeromobile dotato di un motore aeronautico a turbina, o a scoppio nei modelli più piccoli, il cui moto viene trasmesso al rotore che mantiene in rotazione due o più pale. Le pale sono aerodinamicamente ale rotanti e l'elicottero è pertanto definito: "aerodina ad ala rotante" (aeromobile più pesante dell'aria con ali rotanti).

Il sostentamento è ottenuto grazie alla spinta verso l'alto dovuta alla reazione al flusso d'aria accelerato verso il basso dalle pale del rotore. Il flusso verso il basso genera per reazione una forza diretta verso l'alto, allo stesso modo in cui un motore a getto riceve una spinta in avanti dal flusso dell'aria accelerata all'indietro (principio di azione-reazione).

La corda delle pale è inclinata rispetto al piano di rotazione, in modo che le pale ruotando spingano l'aria verso il basso. Quest'angolo che determina l'incidenza con cui la pala è investita dal vento relativo è l'angolo di calettamento ed è regolabile con un controllo detto "collettivo" che permette di aumentare o diminuire la spinta. Quando l'elicottero ha solo moto verticale (sale o scende) una pala ruotando mantiene la stessa inclinazione nei 360° di rotazione.

Quando il rotore ruota (per la legge della conservazione del momento della quantità di moto) si crea una coppia che tende a far girare il supporto in direzione opposta: "effetto coppia". Per questo motivo gli elicotteri hanno bisogno del rotore di coda che fornisca una coppia opposta. Un altro modo per annullare l'effetto coppia è avere due rotori controrotanti; in questo caso il rotore di coda non è necessario. Ne è un esempio l'elicottero Boeing CH-47 Chinook.

Il piano di rotazione delle pale può essere inclinato in avanti, e indietro e di lato per consentire il movimento orizzontale dell'elicottero, tramite un comando detto "ciclico" che si aziona tramite la cloche. La componente orizzontale della spinta fornisce la trazione nella direzione voluta; la spinta deve essere aumentata, altrimenti la sua componente verticale non sarebbe più sufficiente per sostenere l'elicottero. A causa della velocità di traslazione il semicerchio delle pale avanzanti diventa più portante per effetto P. L'effetto è compensato da meccanismi che variano con continuità l'angolo di calettamento delle pale durante la rotazione. La variazione è anticipata per tener conto della precessione giroscopica. Portando la cloche in avanti viene aumentato il calettamento della pala retrocedente in modo che la maggior parte della portanza si porti sul semidisco posteriore.

L'inclinazione delle pale non sarà mai negativa, tranne condizioni particolari, altrimenti il flusso d'aria generato dalla loro rotazione si invertirebbe e la spinta sarebbe verso il basso. Il collettivo negativo è peraltro utilizzato per l'atterraggio in emergenza col motore sconnesso. In tale condizione il flusso d'aria investe l'elicottero dal basso verso l'alto; se le pale mantenessero l'angolo di calettamento positivo la rotazione indotta dal vento relativo sarebbe opposta alla normale. Il collettivo negativo permette, conservando lo stesso senso di rotazione, di utilizzare le pale per rallentare la discesa. Il collettivo sarà riportato in positivo per smorzare la discesa prima del contatto.

MULTICOTTERI

Un multicottero è un elicottero multirotore; tra i più diffusi sono i quadricotteri che hanno quattro rotori. Già nei primi tempi del volo ad ala rotante, la configurazione con quattro rotori a due a due controrotanti è stata considerata una valida soluzione al problema dell'effetto coppia, rendendo inutile il rotore anticoppia di coda.

I quattro rotori sono comandati singolarmente. Variandone i giri si controllano la spinta

e la rotazione sui tre assi. La convenzione dei nomi degli assi è la stessa già vista per l'aeroplano.

- Longitudinale o **X** è l'asse che coincide con la direzione prevalente del volo traslato. La rotazione attorno a **X** è chiamata rollio

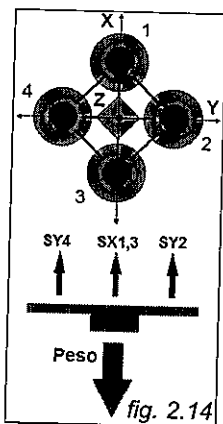
- Trasversale o **Y** è l'asse perpendicolare al precedente che giace nel piano del mulicottero. La rotazione attorno a **Y** è il beccheggio

- Verticale o **Z** è perpendicolare ai primi due. La rotazione attorno a **Z** è l'imbardata. In volo stazionario ("hovering") i rotori ruotano alla stessa velocità (RPM) fornendo la stessa spinta: la spinta totale eguaglia il peso del mezzo. L'effetto coppia complessivo è nullo perché la coppia oraria causata dai rotori **Y** è bilanciata da quella dei rotori **X**: non è quindi necessario alcun dispositivo per contrastare l'imbardata.

La rotazione attorno ad un asse è causata dalla rottura del bilanciamento tra le coppie aerodinamiche e le spinte, dovuta alla variazione dei giri di uno o più rotori. Tale variazione è comandata dalla centralina attivata tramite il telecomando. Raggiunto l'assetto voluto l'equilibrio viene ripristinato.

La salita e la discesa sono ottenute con un aumento o una diminuzione di spinta eguale sui 4 rotori. In salita la spinta deve bilanciare anche la resistenza aerodinamica; in discesa la resistenza aerodinamica si oppone al peso. A parte i maggiori RPM, la raffigurazione è identica alla **fig. 2.14**, che mostra il volo stazionario.

Figura 2.14 Volo stazionario Nella figura sono rappresentati i tre assi ed è indicato il senso di rotazione dei rotori. I rotori 1 e 3 sull'asse **X** ruotano nello stesso verso - orario - causando un effetto coppia antiorario, mentre i rotori 2 e 4 ruotano in verso opposto - antiorario - causando un effetto coppia che annulla il precedente. In basso sono indicate le forze agenti: il Peso e le Spinte dei quattro rotori **SX1, SX3, SY2, SY4**. La somma delle spinte è eguale al peso.



Si ottiene un'imbardata aumentando gli RPM ad una coppia di rotori che ruotano nello stesso senso. Lo sbilancio di coppia fa ruotare il quadricottero nel senso opposto. Per conservare la spinta complessiva si diminuiscono dello stesso ammontare gli RPM all'altra coppia in modo che non ci sia né discesa né salita. È un movimento semplice perché ha effetto solo sull'asse verticale del quadricottero.

La rotazione attorno all'asse trasversale o beccheggio: cabrata o picchiata, si ottiene variando gli RPM dei rotori anteriore **X1** e posteriore **X3**. Aumentare gli RPM al rotore

Figura 2.15 Imbardata I rotori **X1** e **X3** che ruotano in senso orario girano a RPM maggiori e gli RPM dei rotori **Y2** e **Y4** diminuiscono per conservare la stessa spinta. Si crea una coppia oraria non bilanciata che provoca un'imbardata antioraria.

Figura 2.16 Cabrata Il rotore **X1** gira a RPM maggiori causando un innalzamento del muso: cabrata. Si ottiene la virata aumentando gli RPM ad uno dei rotori **Y**.

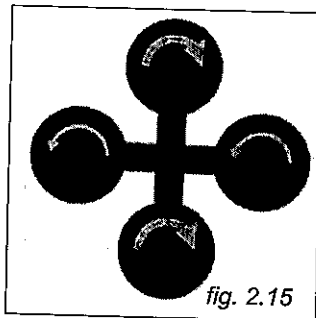


fig. 2.15

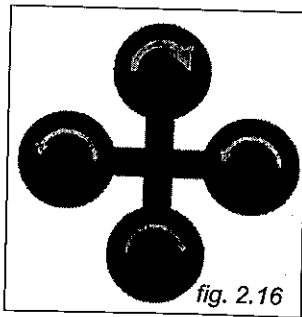


fig. 2.16

X1 diminuendoli al rotore X3 fa cabrare il quadricottero; avviene il contrario per la picchiata. La rotazione attorno all'asse longitudinale o rollio è ottenuta in modo analogo agendo sui rotori Y. Un rollio a sinistra si ottiene aumentando gli RPM a Y2 e riducendoli a Y4, e viceversa.

Raggiunto l'assetto voluto le spinte vanno equilibrate. Queste rotazioni sono eseguite dalla centralina, attivata dal radiocomando. A seconda della modalità, la centralina aumenta anche le spinte per mantenere costante la quota.

AEREO CON ELICA A PASSO FISSO

L'aereo, ovviamente, è capace solo di volo traslato. La **figura 2.17** rappresenta, vista dall'alto, l'asse di rotazione di un'elica e una pala in posizione verticale: la pala sta ruotando verso destra e l'aereo sta volando con velocità TAS. La velocità relativa all'aria di una sezione è data dalla somma vettoriale della velocità dovuta alla rotazione e della velocità dell'aereo. Il vento relativo ha senso opposto. Per produrre trazione l'incidenza, l'angolo tra il vento relativo e la corda della pala, dev'essere positiva.

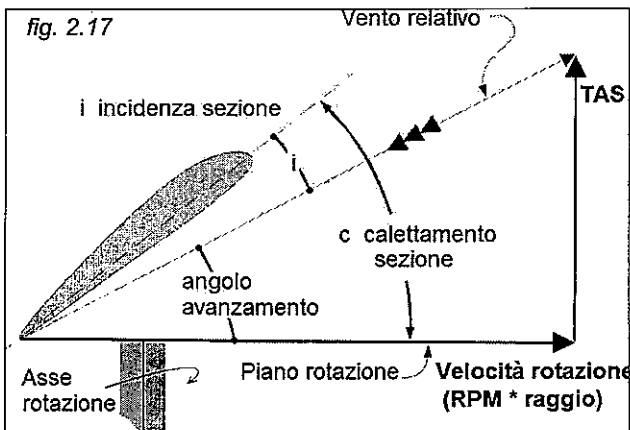
Quando l'aereo è fermo l'incidenza è eguale all'angolo di calettamento e la trazione è massima. La potenza del motore è tutta spesa per vincere la coppia resistente. A mano che l'aereo accelera, diminuisce l'incidenza e quindi la trazione. Ad una certa incidenza il rapporto tra trazione e resistenza alla rotazione raggiunge il massimo. In discesa se la velocità aumenta troppo, quando l'incidenza va a zero la trazione si azzerà: l'elica è neutra. A velocità ancora maggiore l'incidenza diviene negativa e la trazione cambia senso: l'elica è accelerata dal vento relativo e trascina il motore. Tale condizione, detta: "elica a mulinello", può causare il fuorigiri del motore.

La potenza di trazione dell'elica è data dal prodotto della trazione per la velocità dell'aereo. Il massimo della trazione si ha al punto fisso, a mano che l'aereo accelera, la trazione diminuisce ma la potenza di trazione aumenta sino ad un massimo che dipende dal passo dell'elica. Eliche a passo corto danno il miglior rendimento a bassa velocità, in decollo e in salita, col rischio di fuori-giri in discesa. Eliche a passo lungo danno la massima potenza di trazione a velocità di crociera con scarse prestazioni in decollo.

Il rendimento dice quanta potenza motore è convertita in potenza di trazione, il valore massimo è lo 80% - 85%. Per estendere l'arco di velocità a cui si ha il massimo rendimento sono state introdotte le eliche a passo variabile.

La **figura 2.17** mostra i vettori che rappresentano la velocità dell'aereo, quella di rotazione delle pale e il vento relativo, che determina l'incidenza a cui lavora la sezione. In un'elica a passo variabile, per mantenere l'incidenza costante all'aumentare della TAS bisogna aumentare l'angolo di calettamento e viceversa.

Si può notare che la situazione raffigurata, che è nel piano orizzontale, è identica a quella della fig. 2.11 nel piano verticale, a parte la velocità TAS.



La **Figura 2.18** riporta due curve di rendimento di due diverse eliche a passo fisso. La linea orizzontale rappresenta la potenza del motore (W_m), la linea curva continua è la potenza di trazione (W_d) di un'elica a passo lungo. Dà il miglior rendimento in crociera a velocità V , ma è scarsa la potenza di trazione a basse velocità. La linea curva a tratti è di un'elica a passo intermedio: la massima potenza è a velocità minore (V'), ed è un compromesso fra trazione a bassa velocità e rendimento in crociera. Aumentando la velocità per ambedue il rendimento decade sino ad annullarsi (condizione non riportata).

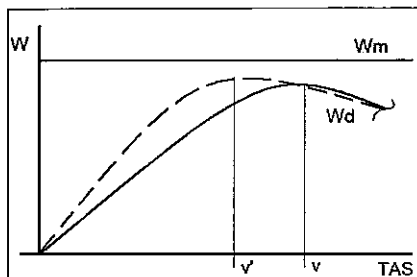


fig. 2.18

STABILITÀ E MANOVRABILITÀ

Un corpo è in equilibrio stabile quando tende, senza intervento esterno, a riassumere la posizione iniziale qualora ne sia spostato; in equilibrio instabile se tende ad allontanarsi ulteriormente; in equilibrio indifferente quando rimane nella nuova posizione. La stabilità aerodinamica indica la capacità dell'aeromobile di sviluppare forze che ripristinino e mantengano le condizioni originarie di volo senza necessità di un intervento del pilota o della centralina di controllo. La manovrabilità indica la prontezza nel compiere evoluzioni; è favorita da una certa instabilità.

La stabilità longitudinale si riferisce ai movimenti attorno all'asse laterale (beccheggio), la stabilità laterale o trasversale attorno all'asse longitudinale (rollio); quella direzionale attorno all'asse verticale (imbardata). La stabilità propulsiva è la tendenza a mantenere la velocità.

Negli aerei la stabilità aerodinamica è assicurata dai piani di coda e dagli angoli delle ali rispetto alla fusoliera. Se il baricentro, come negli aerei ad ala alta, è più basso del centro di pressione esercita un effetto stabilizzante (pendolo).

I droni ad ala fissa hanno caratteristiche simili a quelle degli aerei.

I multicotteri, sia per le dimensioni ridotte dei rotori sia per lo scarso peso, sono instabili. Una certa stabilità si ottiene se i rotori sono grandi e distanti dal baricentro e se il baricentro è più basso del piano dei rotori.

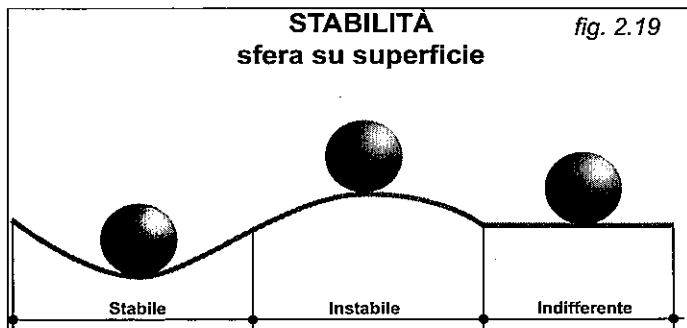


fig. 2.19

La **figura 2.19** esemplifica l'equilibrio stabile con una sfera appoggiata su una superficie concava, sfera che ritorna alla posizione più bassa quando cessa l'azione perturbatrice, l'equilibrio instabile con la sfera su una superficie convessa, l'equilibrio indifferente con una sfera su una superficie piana.

NOZIONI GENERALI SAPR

L'attività di progettazione e produzione dei SAPR è ormai presente in tutti i paesi, inclusa l'Italia. I pionieri in questa tecnologia sono gli Stati Uniti e Israele. I produttori americani detenevano già nei primi anni 2000 una quota maggioritaria del mercato; tra loro i principali sono: la Northrop Grumman e la General Atomics grazie al successo rispettivamente del Global Hawk e del Predator/Mariner. Il mercato Europeo rappresenta alcuni punti percentuali del mercato mondiale. L'Italia si è inserita con alcune importanti aziende quali la Selex e con molti piccoli produttori.

In molte applicazioni l'impiego dei multicotteri è già oggi competitivo, nonostante le applicazioni siano limitate dalla scarsa autonomia di volo: le missioni normalmente sono confinate nei 30 minuti. Un aumento della capacità delle batterie o la possibilità di ricaricarle in volo sfruttando l'energia solare o l'alimentazione da terra via cavo potranno estendere le possibilità applicative. Un altro sviluppo potrà essere la capacità di rilevare altri traffici e di attivare manovre automatiche per evitarli.

Il primo capitolo di questa sezione è dedicato alla classificazione e struttura dei SAPR. Con riferimento ai multirobot ed in particolare ai quadricotteri sono viste le varie configurazioni, esaminato il volo a punto fisso e traslato e ne sono descritte le modalità. Seguono informazioni sui vari componenti: il telaio, il motore, le batterie, la centralina, il radiocomando, il gimbal, con lo scopo di spiegarne le funzioni. Sono trattati due dispositivi che stanno suscitando crescente interesse: il cavo di ritenuta ed il terminatore di volo.

Il secondo capitolo è dedicato alla strumentazione, agli strumenti di volo e di navigazione. Il più importante è l'indicatore del campo magnetico: il magnetometro, evoluzione tecnologica della bussola, lo strumento che da secoli è fondamentale per la navigazione marittima. È illustrata la differenza tra Nord vero, magnetico e bussola.

Anche se nei SAPR gli strumenti sono miniaturizzati ed il pilota ne vede solo l'output elettronico, si è ritenuto utile illustrarne i principi di funzionamento descrivendo gli strumenti baroscopici e giroscopici classici. La panoramica è completata col "glass cockpit", il cruscotto elettronico integrato che sta sostituendo gli strumenti elettromeccanici tradizionali anche negli aerei leggeri di nuova costruzione.

Gli apparati per la radiocomunicazione e radionavigazione sono trattati in "Navigazione", ove un capitolo descrive i nuovi modelli che integrano radio e ricevitore GPS con mappa aeronautica.

Il terzo capitolo, come previsto nelle linee guida ENAC, tratta dei motori a combustione interna.

Nella costruzione degli APR sono utilizzati componenti e materiali di derivazione modellistica e non rispondenti ai rigorosi standard aeronautici. La facilità d'uso, enfatizzata dai costruttori per motivi commerciali, se ha aiutato la diffusione dei droni, ha contribuito a formare in molti utenti un atteggiamento in cui si mescolano la fiducia nella semplicità operativa del mezzo, la convinzione di una completa libertà di utilizzo e il rigetto della possibilità di incidenti. L'evoluzione in atto verso maggior professionalità favorirà lo sviluppo di questo settore aeronautico.

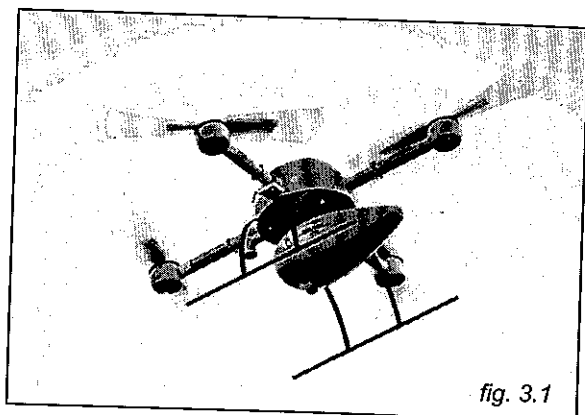


fig. 3.1

Figura 3.1. Nel dicembre 2013, il servizio consegna pacchi della DHL tedesca ha provato con successo un SAPR "md4-1000" per consegnare medicine.

Lo md4-1000 ha struttura in fibra di carbonio, autonomia sino a 88 minuti e può portare un carico di 1,2 kg; la quota massima è 1.000 m.

Il servizio avverrà verso la piccola isola di Juist, con soli 1.700 abitanti, nel Mare del Nord a nord-est della Germania, dalla città di Norden di fronte a Juist e distante 12 km. È la prima volta che in Europa un APR è utilizzato fuori del raggio visivo del pilota in utilizzo reale.

Per raggiungere questo risultato in un ambiente come il Mare del Nord, caratterizzato da forti venti, le prestazioni del quadricottero sono state incrementate ottenendo un mezzo in grado di volare a 18 m/s (65 km/h), e capace di compiere il tragitto in completa autonomia, atterraggio e decollo inclusi.

I CAPITOLO - Classificazione e struttura dei SAPR

L'acronimo **SAPR** (Sistema a Pilotaggio Remoto), in inglese **UAS** (Unmanned Aircraft System) o talora **RPA** (Remotely Piloted Aircraft), sottolinea l'importanza di tutti gli elementi che costituiscono il sistema SAPR. Sono:

- L'aeromobile stesso APR (o UA Unmanned Aircraft)
- Il sistema di controllo GCS (Ground Control Station)
- Il collegamento per il controllo, un datalink specializzato
- Altri dispositivi di supporto

I SAPR possono essere classificati in vari modi. Quello introdotto dalla USV International nel 2011, riferito ai sistemi militari tattici e strategici, è basato sulla quota massima, sul raggio operativo e l'autonomia e sul peso massimo al decollo. Nella **tabella 3.2** sono riportate solo le prime classi.

Categoria	Quota massima		Raggio oper. [km]
	[ft]	[m]	
Hand-held	2.000	600	<2
Close	5.000	1.500	<10
NATO type	10.000	3.000	<50
Tactical	18.000	5.500	<160
MALE (medium altit., long endurance)	30.000	9.000	>200
HALE (high altitude, long endurance)	>30.000	>9.100	Indefinito

Un'altra suddivisione è basata sul sostentamento aerodinamico e sulla propulsione. Il sostentamento può essere:

1. Ad Ala fissa con propulsione affidata ad eliche o a motore a getto - come gli aerei tradizionali
2. Multirotori con tre o più eliche ad asse verticale che forniscono anche la propulsione
3. Elicottero monorotore convenzionale
4. Convertiplani e soluzioni ibride

Gli APR ad ala fissa hanno comportamento aerodinamico e caratteristiche simili agli aerei: la velocità di crociera e la massima possono essere alte, la velocità minima deve mantenersi sopra quella di stallo. La portanza dell'ala favorisce il trasporto di carichi. I modelli meno pesanti utilizzano motori elettrici, quelli più pesanti sono in genere dotati di motori a combustione interna e, in tal caso, sia l'autonomia sia la quota massima sono elevate. Per contro non si prestano ad operazioni che richiedono bassa velocità, evoluzioni in spazi ristretti e posizionamento preciso e costante delle telecamere e, ov-

fig. 3.3



Fig. 3.3 RQ1 Predator

viamente, non sono in grado di stare in "hovering". Il decollo e l'atterraggio sono delicati e devono essere precisi.

Gli APR multirottore non raggiungono velocità elevate, anche per l'efficienza aerodinamica bassa, e per il sostentamento e la stabilità sono totalmente dipendenti dall'elettronica. Possono operare anche in spazi ristretti e rimanere in "hovering", consentendo una maggior precisione nelle rilevazioni – dote indispensabile, ad esempio, nelle applicazioni per l'edilizia. A differenza dell'ala fissa la portanza è fornita dalle eliche e quindi parte dell'energia è necessaria per il sostentamento in aria. Utilizzano motori elettrici alimentati a batterie e, anche per la limitata capacità di queste, l'autonomia e il raggio operativo sono molto minori e non superano qualche decina di minuti. Decollo ed atterraggio sono più semplici.

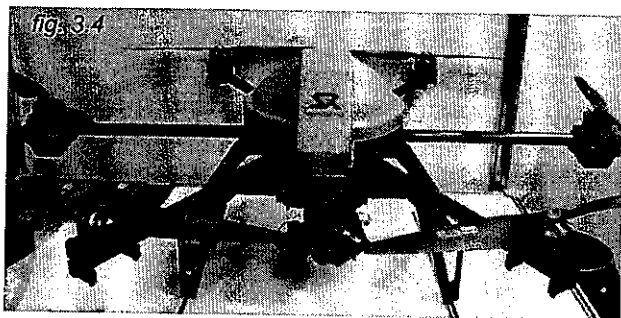


Fig. 3.4 L'Esacottero SF6 della Sky Robotics

Gli APR in configurazione elicottero monorotore convenzionale coniugano la manovrabilità, la possibilità di "hovering" e il decollo/atterraggio verticale con velocità di crociera più elevate. In crociera il rotore, una vera ala rotante, offre miglior efficienza rispetto ai multirottore. La propulsione, in genere con motore a scoppio, determina una maggior autonomia e estende le possibilità applicative.

Nella fotografia una soluzione ibrida, assimilabile ad un dirigibile.

Oltre agli APR ci sono veicoli senza pilota in versione terrestre e marina.

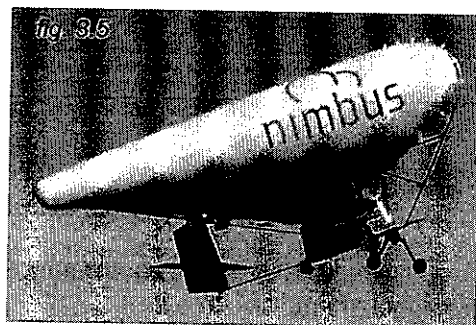


Fig. 3.5 L'ibrido EOS Xi della Italiana Nimbus in volo.

Un APR può essere dotato, in aggiunta ai sensori che servono per la navigazione ed il controllo, di sensori dello spettro elettromagnetico, dei raggi gamma, biologici e chimici. Oltre alle fotocamere che operano nello spettro visivo, ve ne possono essere altre che lavorano nella banda degli infrarossi; talora vi è il radar. Meno comuni sono sensori sugli spettri dell'ultravioletto e delle microonde. Sensori biologici per rilevare la presenza di microorganismi, e chimici con spettroscopia laser per determinare la concentrazione d'elementi nell'aria sono richiesti da applicazioni specifiche.

MOTORIZZAZIONE

Gli APR più leggeri utilizzano motori elettrici alimentati da batterie. L'autonomia è limitata dalla capacità delle batterie - 30 minuti sono già un buon valore - e costituisce il punto debole per molte applicazioni. La capacità delle batterie è aumentata negli ultimi

anni e ulteriori miglioramenti estenderebbero il campo di impiego. Sperimentazioni sono in corso per valutare la fattibilità e la convenienza di sfruttare l'energia solare.

Quelli più pesanti utilizzano motori a combustione interna (a scoppio). Sempre più impiegato è il rotativo Wankel, per le sue doti di leggerezza, potenza e assenza di vibrazioni.

APR MULTIROTORI

Gli APR multirotori utilizzano sia per il sostentamento sia per il movimento eliche ad asse verticale, da un minimo di tre sino ad otto e più. Il nome generale è multicotteri e a seconda del numero delle eliche si hanno: tricotteri, quadricotteri, esacotteri, ottocotteri, eccetera, ad indicare i mezzi con rispettivamente 3, 4, 6, 8 rotori.

I rotori sono costituite da pale rotanti attorno ad un mozzo. Le pale si possono assimilare ad ali rotanti ed i relativi fenomeni aerodinamici sono gli stessi. Identiche sono le considerazioni sulla relazione tra incidenza e portanza (spinta), sull'efficienza, sullo stallo, eccetera. Ci sono notevoli differenze dovute al moto rotatorio dell'ala ed il più importante è l'effetto coppia (*già visto in Aerodinamica*). Nei multicotteri tali effetti sono compensati dal fatto che i rotori sono due a due controrotanti. È una soluzione nota da tempo (**fig. 3.6**), semplice meccanicamente e che non spreca energia.

L'elicottero (dal greco ἑλῑξ, spirale e πτερόν, ala) è un aeromobile dotato di uno o più motori che mettono in rotazione un complesso di pale che gli permettono di sollevarsi verticalmente, fermarsi in volo, spostarsi lateralmente e all'indietro oppure volare in avanti in modo simile all'aeroplano. Tali caratteristiche uniche lo rendono prezioso in molte attività. L'elicottero che nel 1924 stabilì il primo record certificato di volo per ala rotante, volando per 360 m era un **quadricottero**: l'Oehmichen n.2.

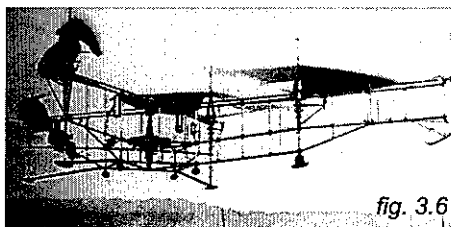


Fig. 3.6 L'elicottero n.2 del francese Etienne Oehmichen 1924.

CONFIGURAZIONI

Un multicottero è un elicottero con almeno tre rotori, anche se in genere il numero minimo è quattro. Un numero di rotori dispari richiede che la compensazione di coppia sia ottenuta variando le caratteristiche (RPM, elica) di un rotore, con maggior complessità ed a scapito dell'intercambiabilità.

Un quadricottero nel caso di avaria ad un rotore (che può essere dovuta all'elica, al motore, all'ESC) non è in grado di sostentarsi e precipita; in un esacottero il volo può essere mantenuto almeno per effettuare l'atterraggio pur se con qualche difficoltà e vibrazioni. Con 8 rotori (ottocottero) e oltre l'avaria non è critica e può essere sopportata.

Teoricamente non c'è un limite al numero di rotori, i vantaggi sono la maggiore capacità di carico e la ridondanza. Aumentano però l'ingombro, il peso, l'interferenza tra i rotori, la resistenza aerodinamica e la complessità, spesso non bilanciate dai vantaggi. Anche se esistono configurazioni con 12 e 16 rotori, il numero massimo è in genere otto; spesso i rotori sono disposti su una circonferenza rispetto al baricentro. In questo caso le configurazioni sono indicate con: I4, X4, I6, X6, I8, V8, X8. La X8 è una configurazione a 4 bracci come la X4, però con due rotori coassiali controrotanti su ogni braccio. Porre due rotori sullo stesso asse dà vantaggi di ingombro ma perdita di rendimento.

Ci sono configurazioni a triangolo, indicate come Y invertito (IY6) e Y diritto (Y6);

hanno sei rotori, rispettivamente due anteriori e quattro posteriori e viceversa; ogni braccio porta due rotori coassiali controrotanti. Si trovano anche configurazioni triangolari con 4 rotori: sul braccio verticale della Y stanno due rotori controrotanti (si tratta in pratica di un X4 in cui due bracci si sono riuniti).

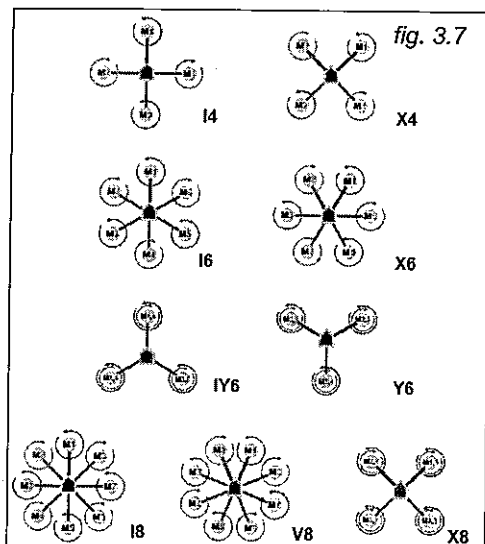
Le configurazioni in cui i rotori sono disposti agli angoli e sui lati di un rettangolo sono indicate come H4, H6, H8, eccetera, a seconda del numero dei rotori.

Fig. 3.7 A partire da sinistra verso destra e dall'alto in basso, la prima figura schematizza la configurazione I4: due rotori stanno sull'asse longitudinale del quadricottero e gli altri due sull'asse trasversale.

Quella accanto è la X4 in cui i rotori si trovano ai lati degli assi longitudinale e trasversale del quadricottero.

Le figure nella riga sottostante rappresentano un esacottero I6, con due rotori sull'asse longitudinale e uno X6, con due sull'asse trasversale.

Nella riga successiva vi sono un IY6 e un Y6. Infine nell'ultima riga si vedono tre ottocotteri: un I8, un V8, e un X8.



CONTROLLO DEL VOLO - QUADRICOTTERI

Un quadricottero è un multicottero con quattro rotori che hanno, in genere, eliche a passo fisso. Non sono necessari i complessi dispositivi per variare l'angolo di calettamento delle pale; il passo fisso semplifica anche la manutenzione. Talora attorno ai rotori c'è una protezione per diminuire il rischio di danni a persone e cose, e al mezzo stesso.

I quadricotteri, nonostante la criticità in caso di avaria di un rotore, sono tra le configurazioni più diffuse. Stante il peso minimo e la ridotta dimensione dei rotori sono reattivi ed abbastanza instabili aerodinamicamente. È la centralina che provvede alla stabilizzazione agendo sui rotori. Una maggior stabilità statica è ottenibile, ad esempio, installando in basso, per quanto possibile, le batterie, in modo da abbassare il centro di gravità.

Le manovre di rollio, beccheggio, imbardata (descritte in *Aerodinamica*) sono comandate dal pilota tramite gli stick del radiocomando e fatte eseguire dalla centralina che fa variare i giri (RPM) di uno o più rotori, variandone di conseguenza spinta e coppia.

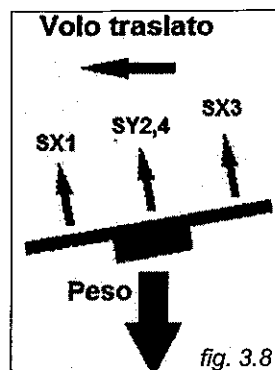
La velocità verticale di discesa non dev'essere eccessiva ad evitare che il rotore lavori nel suo flusso; non dovrebbe eccedere 2,0÷2,5 m/s; in alcuni tipi è autolimitata.

In volo traslato deve esserci una componente orizzontale della spinta, diretta verso la direzione desiderata. Analogamente all'elicottero, per effettuare volo traslato il quadricottero deve essere inclinato nella direzione voluta in modo che la componente orizzontale della spinta fornisca la necessaria trazione, "vincendo" la resistenza

1. è stato impiegato il termine "vincendo", anche se non corretto fisicamente (in volo uniforme le forze si equilibrano).

aerodinamica al moto. La componente verticale deve continuare a bilanciare il peso. Gli RPM dei rotori devono pertanto aumentare rispetto al volo stazionario.

Figura 3.8 Volo traslato Questa figura riprende la fig.2.14. Il quadricottero è inclinato a sinistra, nella direzione del volo. Le forze prodotte dai rotori sono anch'esse inclinate a sinistra, e sono SX1 (rotore longitudinale anteriore), SY2 e SY4 (rotori sinistro e destro sull'asse trasversale) e SX3 (rotore longitudinale posteriore). La componente verticale delle spinte dei rotori bilancia il peso, la componente orizzontale fornisce la trazione.



CENTRALINA E SENSORI

I multicotteri usano centraline elettroniche per la stabilizzazione e il controllo del mezzo.

La centralina è l'elemento chiave, indispensabile per far volare il multicottero e, come tale, è un elemento critico. Svolge funzioni essenziali: stabilizza il mezzo, gestisce il volo in diverse modalità, dalla manuale alla completamente automatica, memorizza ed esegue piani di volo ed esegue altri compiti ancora.

È una scheda con un microprocessore programmabile e ingressi ed uscite per i diversi segnali. In ingresso arrivano i segnali dal radiocomando e dai diversi sensori. Il microprocessore li elabora secondo la logica impostata e produce i segnali che pilotano i motori in modo da avere un volo stabile e uniforme. La precisione nel mantenimento della posizione e nel volo aumenta col tipo di sensori. Quasi sempre in aggiunta alla dotazione base di giroscopi e accelerometri ci sono il sensore barometrico e il magnetometro, e molto spesso il ricevitore GPS.

La centralina è chiamata anche FC (Flight Control) o talora "autopilota". Ce ne sono due tipi: "open source" e commerciali. Le prime utilizzano software disponibile gratuitamente, la cui logica è modificabile. Le seconde sono state sviluppate commercialmente e sono specifiche ad uno o ad alcuni modelli, il tipo di funzionamento è personalizzabile all'interno dei parametri previsti dal costruttore. Le funzioni disponibili variano da centralina a centralina e dipendono dalla programmazione. Nei multicotteri venduti già pronti al volo (RTF - Ready To Fly), come ad es: il Phantom, le funzioni di più frequente utilizzo sono già impostate.

Una funzionalità che tutte dovrebbero avere è il ritorno al punto di partenza (RTH - Return To Home) comandato dal pilota o attivato automaticamente in caso di perdita di segnale del radiocomando.

Le centraline offrono diversi tipi di funzionamento: **Manuale**, **Semiautomatico (Attitude)** e **Automatico**.

In funzionamento **Automatico** (chiamato anche Attitude+GPS) l'assetto, la posizione e la quota sono mantenuti dall'autopilota utilizzando tutti i sensori, incluso il GPS. Il pilota non deve far altro che abbandonare i comandi perché il multicottero si fermi e mantenga assetto e posizione nello spazio 3D (quota, latitudine, longitudine).

Se è stato impostato ed è stato attivato un piano di volo, questo è eseguito in modo autonomo. L'autopilota fa decollare il multicottero e lo guida da un punto al successivo, sino all'atterraggio. Il vento è compensato perché il multicottero è portato dal GPS sopra i punti geografici impostati alle quote previste. Nel piano di volo possono essere state incluse operazioni da fare sui vari punti, ad esempio soffermarsi e azionare la camera. Il pilota può prendere il controllo in ogni momento; in caso di perdita di contatto o avaria

il fail-safe eseguirà quanto previsto, in genere il ritorno al punto di partenza (RTH).

In funzionamento semiautomatico **Attitude** (Atti) l'assetto e la quota sono mantenuti dall'autopilota utilizzando tutti i sensori escluso il GPS. L'inclinazione è limitata, di solito a 35° (come in modo automatico). Non mantiene la posizione: il vento non è compensato e causa deriva. In assenza completa di vento, la posizione può essere mantenuta meglio che non in modo Atti+GPS, se gli input del GPS non sono costanti. Abbandonando i comandi il multicottero mantiene assetto e quota, se in volo traslato continua per inerzia sino a fermarsi. Per fermarlo più rapidamente il pilota dovrà applicare un minimo di comando contrario.

Sono queste: Atti e Atti+GPS, le due modalità normalmente utilizzate per operazioni specializzate.

È anche possibile il pilotaggio manuale.

In modalità "**Manual**" (DJI) il pilota deve gestire assetto, quota, direzione e potenza. Se il pilota rilascia i comandi il multicottero va fuori controllo. La modalità manuale è adatta per acrobazia e piloti esperti.

I sensori di controllo e navigazione inviano i dati alla centralina, e sono: giroscopi, accelerometri, magnetometro, barometro, ed il ricevitore GPS.

I primi tre sono integrati nello IMU (Inertial Measurement Unit), un dispositivo elettronico che **rileva rotazioni e accelerazioni e la direzione dell'accelerazione di gravità, utilizzando accelerometri e giroscopi**. Può così ricavare velocità e spostamenti. Comprende di solito tre accelerometri e tre giroscopi disposti su tre assi ortogonali, ed è spesso completato da un magnetometro per la determinazione della direzione².

Sono quasi sempre presenti il sensore barometrico che fornisce informazioni di quota ed il ricevitore GPS.

Le funzioni dei diversi sensori sono le seguenti.

I giroscopi forniscono direzioni di riferimento e rilevano le rotazioni sui tre assi. Gli accelerometri rilevano le accelerazioni e permettono di stabilizzare l'APR e riportarlo in assetto orizzontale. Il magnetometro, una bussola, consente di allinearsi sulla rotta voluta e mantenerla. Complementa i giroscopi dando la direzione di riferimento e rileva virate e imbardate.

Il barometro rilevando la (variazione di) pressione atmosferica, consente di mantenere costante la quota.

Il ricevitore GPS determina la posizione in base alle distanze da tre o più satelliti della costellazione NavStar GPS in orbita attorno alla Terra. Il fattore che più determina la precisione nella determinazione della posizione è la geometria dei satelliti in vista: più sono lontani l'uno dall'altro, migliore è la precisione. Questo fattore è espresso dallo HDOP (Horizontal Dilution of Precision) che viene mostrato sul ricevitore GPS. Valori alti dicono che i satelliti sono concentrati e significano peggior precisione: lo HDOP non dovrebbe essere superiore a 2.

Il GPS, inoltre, confrontando posizioni successive calcola: rotta, velocità, orari sui waypoint, eccetera.

2. L'IMU ha funzioni simili allo AHRS (Attitude and Heading Reference System) nell'avionica avanzata degli aerei commerciali. Lo AHRS è l'elemento principale dei Sistemi di Navigazione Inerziale (INS), che dalle accelerazioni di un aeromobile riescono a determinarne, mediante integrazione matematica, le posizioni successive. Un sistema di navigazione inerziale fornisce informazioni di volo, con precisione degradata nel tempo, anche in assenza di segnali GPS, ad esempio dovuta ad interferenze elettroniche. La ricezione dei segnali GPS o di radiofari consente di ridurre l'errore dell'INS, in pratica azzerandolo.

Se ci sono i sensori su-elencati incluso il ricevitore GPS è possibile programmare un Piano di Volo che passi per Waypoint (Wpt) specificati con le coordinate geografiche e farlo eseguire autonomamente dal decollo all'atterraggio, sgravando l'operatore dal pilotaggio e consentendogli di dedicarsi alle riprese video o fotografiche o ad altre attività della missione.

Molti APR professionali offrono questa possibilità; ad esempio già il Phantom 2 permette di tracciare ed eseguire un percorso comprendente sino a 16 Wpt.

Maggiori informazioni su giroscopi, bussola e barometro sono nella III Parte di questo capitolo; maggiori informazioni sul GPS si trovano in "Navigazione".

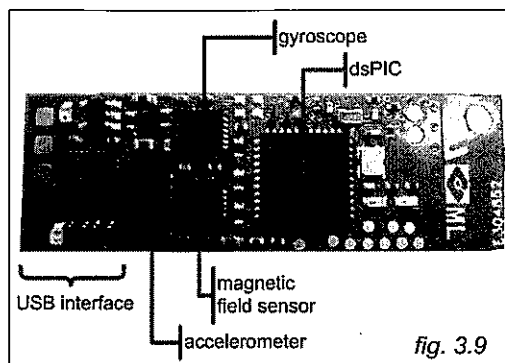


fig. 3.9

La **figura 3.9** mostra una scheda integrata per la navigazione. Sono indicati giroscopi, accelerometri, magnetometri e il dsPIC "Programmable Interface Controller" o "Programmable Intelligent Computer", il controllore della Microchip Technology.

FPV E OSD

Lo FPV (First-Person View) è il sistema che dà la stessa visione di un pilota che fosse a bordo dell'APR. Una telecamera a bordo invia tramite il trasmettitore video le immagini allo schermo a terra o talora ad appositi occhiali. La trasmissione è analogica e in bassa risoluzione ma la vista dell'ambiente circostante aiuta nell'orientamento e nella individuazione dei punti di interesse. Dal punto di vista tecnico potrebbe essere la modalità primaria di navigazione³.

Sullo schermo, oltre alla vista esterna, appaiono i dati di volo provenienti dal GPS e da altri sensori e dai sistemi di controllo del mezzo. Sono: direzione di volo, velocità e quota, coordinate del punto attuale, distanza percorsa, e dati relativi al multicottero, come l'autonomia residua. Questa funzione chiamata: OSD (On Screen Display) è di valido aiuto per una navigazione più precisa.

In modalità FPV il pilota è come se fosse a bordo, e non ha quindi bisogno di mantenere in vista l'APR, che potrebbe esser fatto volare ben oltre la "Visual Line Of Sight" (VLOS). La distanza è limitata solo dalla portata del video link e del controllo remoto. Oltre alle immagini spesso è trasmesso anche il sonoro (rumore del mezzo, fruscio del vento relativo), per un coinvolgimento più completo nel volo.

La navigazione con lo FPV, pur utile, non deve essere esclusiva perchè **non è consentita** dalla normativa. Utilizzandola, anche solo come supporto, occorre premunirsi contro la possibile perdita del link video.

3. La tecnica FPV è largamente usata dai militari e viene impiegata anche in ambito civile, ove sono stati stabiliti record di quota, distanza e velocità. **Non è però consentita dalla normativa, che prevede che il pilota remoto debba rimanere in contatto visivo col mezzo aereo senza aiuto di dispositivi elettronici.** È possibile utilizzarla come supporto per seguire la progressione del volo.

LOS 3854 RPM 0 Tmp 24
 ALT 388 Hm 0 Spd 25
 RTH Engaged: Rx Failsafe Detected

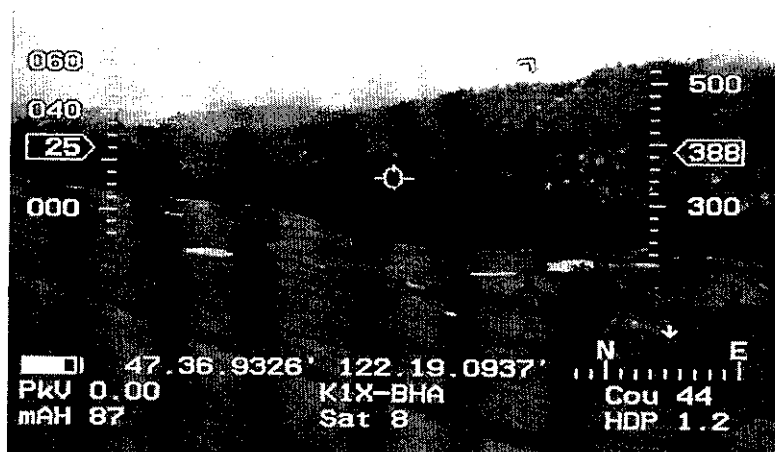


Figura 3.10 FPV
 La figura mostra la vista da bordo di un APR, trasmessa allo schermo di controllo. Sono sovrapposti all'immagine i dati di posizione e di navigazione provenienti dal GPS ed altri dati.

TELAIO E COMPONENTI

La struttura del telaio, o "cellula" per utilizzare la nomenclatura aeronautica, può essere in alluminio aeronautico oppure in fibra di Carbonio o in ABS o, più raramente, in fibra di vetro⁴.

Pregio della fibra di carbonio è il risparmio di peso, peraltro contenuto - in realizzazioni aeronautiche è stimato il 10% circa, percentuale importante, considerando i pesi lì in gioco. Vi sono però altri aspetti da considerare. L'apprestamento di esemplari singoli è costoso e la preparazione di stampi è giustificata solo per costruzione in serie. La fibra di carbonio è sensibile ai raggi UV e deve essere protetta con verniciatura; è più rigida e sopporta peggio gli urti; in caso di sollecitazioni eccessive cede in modo irreversibile. L'alluminio aeronautico è più elastico, non cede in modo distruttivo, è meglio lavorabile e le riparazioni sono più semplici.

Il telaio oltre a supportare la centralina ed i sensori, supporta e collega le batterie, i motori ed i loro controllori, le eliche, il data link e le varie antenne.

ELICHE

Le due caratteristiche aerodinamiche di un'elica sono il passo e il diametro. Eliche con diametro elevato spostano un volume maggiore d'aria, eliche a passo lungo la accelerano di più. Ad un dato regime di rotazione la potenza richiesta al motore dipende da passo e diametro: a parità di potenza scegliendo un'elica con diametro grande il

4. L'ABS è un polimero termoplastico utilizzato per creare oggetti leggeri e rigidi come tubi, strumenti musicali, parti o intere carrozzerie automobilistiche, e per molti altri prodotti.

La fibra di carbonio è un materiale composito costituito da fibre di carbonio e da una matrice, in genere resina o altro materiale plastico o metallo, avente le funzioni di mantenere il corretto orientamento delle fibre resistenti, proteggerle e mantenere la forma del manufatto.

passo dovrebbe essere piccolo e viceversa. In un multicottero, per la necessità di portare carico si privilegia il diametro, anche perché un passo elevato avvicinerebbe all'incidenza di stallo. L'orientamento dei produttori è verso eliche con passo che faccia lavorare le pale in condizioni vicine alla miglior efficienza, cioè al massimo rapporto spinta/resistenza alla rotazione.

In volo stazionario l'angolo di incidenza delle pale è eguale all'angolo di calettamento.

La complessità ed il maggior costo delle eliche a passo variabile non sono di solito giustificati.

L'elica è un elemento critico che dev'essere bilanciata prima di essere montata e va sostituita nel caso presenti crepe anche minime o evidenti segni di usura. Una eventuale rottura in volo sarebbe pericolosa per gli astanti e fatale per il quadricottero. È opportuno avere una scorta di eliche, sia destrorse sia sinistrorse.

MOTORI

Il motore brushless (senza spazzole) è un motore elettrico sincrono in cui la commutazione della corrente negli avvolgimenti non avviene per mezzo di contatti striscianti (come nei motori a spazzole) ma elettronicamente tramite un controllore: lo ESC. Grazie all'assenza delle spazzole, un brushless ha attrito interno minimo e la necessità di manutenzione è molto ridotta. Non c'è scintillio tra i contatti ad alta velocità, eliminando i disturbi elettromagnetici sulle radio. A parità di consumo è più performante, scalda di meno e l'ingombro è limitato. Un ulteriore vantaggio è l'elevata coppia offerta a bassi giri. Infine è anche silenzioso.

I motori per i multicotteri sono trifasici di tipo "Outrunner", cioè i magneti sono all'interno della campana esterna del motore, alla quale è collegato l'albero motore che trascina l'elica. Questo tipo di motore è preferito per la maggior coppia a ridotto numero di giri, caratteristica che elimina la necessità di un riduttore tra motore ed elica.

Altre caratteristiche importanti per l'impiego sui multicotteri sono la rapidità e la precisione di risposta. La stabilità di un multicottero è infatti assicurata dai continui rapidi aggiustamenti della velocità dei rotori, in esecuzione dei comandi della centralina. Questa, che riceve dai sensori continue informazioni sui cambiamenti di assetto, invia con rapidità elettronica segnali di correzione.

Il motore è caratterizzato dalla potenza e dall'assorbimento di corrente; un altro parametro importante è il "kv" (giri Volt), che dice quanti RPM per ogni Volt fa il motore senza elica. Per applicazioni su piccoli quadricotteri tale valore è attorno ai 700 kv; ciò significa che alimentato a 11 V quel motore farà circa 7.000 RPM.

Ogni motore ha una potenza massima che può assorbire senza danni: un brushless outrunner cercherà sempre di far girare l'elica e, nel caso la coppia resistente sia troppo elevata, assorbirà corrente sino a bruciare se stesso o l'ESC. Motore, elica e controllore del mo-

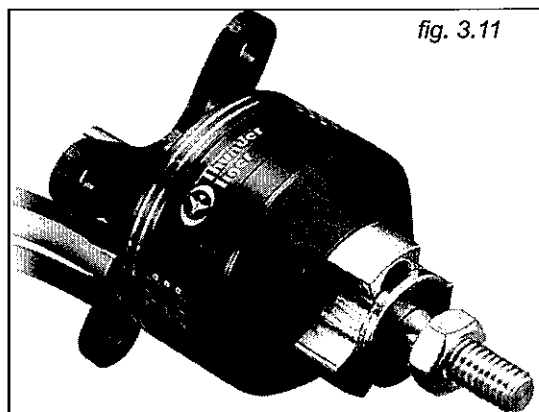


Fig. 3.11 Un motore brushless - si vedono il supporto, i cavi di collegamento, la campana esterna e l'albero motore.

tore devono essere reciprocamente adatti; per far ciò vi sono appositi configuratori.

I motori brushless sono molto affidabili; peraltro, a differenza dei motori a benzina che, fin tanto che c'è benzina possono dare la potenza massima, la loro potenza dipende dalla tensione con cui sono alimentati. Diminuisce quindi con lo scaricarsi della batteria. La potenza è anche molto dipendente dalla temperatura esterna: in inverno la perdita può superare il 20%.

ESC

I motori brushless hanno bisogno per funzionare di un controllore. Questo è lo ESC (Electronic Speed Controller) che non solo regola i giri del motore, ma è indispensabile per il funzionamento stesso perché inverte la polarità delle elettrocalamite. È necessario un ESC per ogni motore, ma esistono anche ESC multipli in grado di pilotare tutti i motori di un quadricottero. Ogni ESC ha una potenza massima che è in grado di gestire.

Per ottenere un volo stabile la risposta dello ESC ai comandi della centralina deve essere rapida. Se ad esempio il multicottero si inclina per una raffica di vento, i giroscopi rilevano il movimento, la centralina comanda la correzione (aumentare la rotazione dei rotori abbassati e diminuire la rotazione dei rotori opposti) gli ESC traducono l'ordine ai motori e i motori variano la velocità. Le variazioni di velocità avvengono continuamente per mantenere il multicottero in assetto, e sono tanto rapide che non solo sono molto superiori alla capacità di reazione del pilota uomo, ma nella maggior parte dei casi non sono nemmeno avvertite.

Una funzione di taluni ESC è il "LiPo saver". Questa funzione, per non danneggiare la batteria quando la tensione scende sotto i 3,0 V, riduce o taglia l'alimentazione, costringendo il multicottero ad atterrare (un atterraggio morbido non è garantito). In ogni caso sembra preferibile la perdita di una batteria ai danni di un atterraggio incontrollato.

BATTERIE

Le batterie utilizzate per i multicotteri sono le LiPo (Litio-Polimero) e, assieme ai motori brushless, hanno permesso la loro diffusione. Sviluppate in Russia ed inizialmente coperte dal segreto militare, da un decennio sono utilizzate nei computer e nei cellulari, ed anche in auto ibride.

L'elettrolita in sale di litio è contenuto in un composito di polimero solido. Vantaggi di questa tecnologia rispetto alle batterie NiCd e NiMH sono la corrente di scarica a vuoto

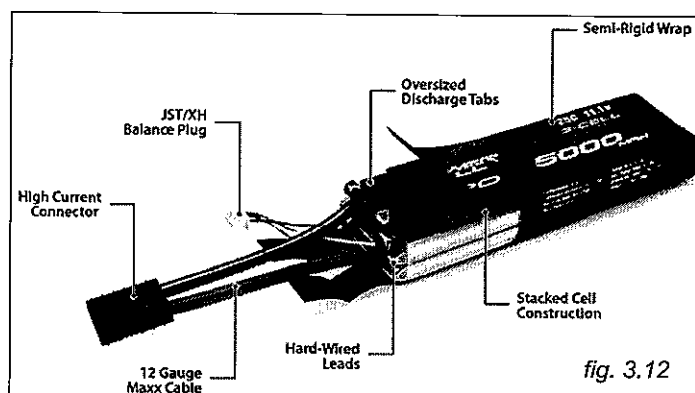


fig. 3.12

Fig. 3.12 Una batteria LiPo coi suoi connettori.

molto minore e l'assenza dell'effetto "memoria" tipico delle batterie al NiCd. Se le LiPo non sono utilizzate perdono pochissima carica (il 5% circa in un mese) e possono essere ricaricate anche se non completamente scariche senza perdere capacità. Un altro vantaggio è che la forma delle batterie può essere adattata al contenitore.

Tra i difetti c'è la durata, mediamente di 300÷350 cicli di carica/scarica, pur se qualche produttore ha dichiarato di aver raggiunto 500 e anche 1.000 cicli. È necessario usare caricabatterie specifici: le LiPo possono incendiarsi e anche esplodere, se non caricate e utilizzate come previsto. La batteria può esplodere se corto-circuitata a causa della elevata corrente che la attraverserebbe a causa della resistenza interna molto bassa. Al fine di contenere le correnti di scarica in talune applicazioni sono richiesti controlli elettronici di coppia per i motori. Inoltre le batterie LiPo possono incendiarsi facilmente se forate, per cui sono spesso ricoperte da un involucro plastico che dovrebbe prevenire le forature. Devono quindi essere trattate con le dovute cautele.

La densità energetica circa tre volte migliore delle batterie NiCd e NiMH, e l'alto rapporto potenza/peso: sino a 2,8 kW/kg, le rendono ideali come fonte energetica per i multicotteri.

La tensione nominale per cella è 3,7 Volt e varia da 2,7 V (scarica) a 4,2 V (carica); i valori minimo e massimo per non danneggiarla sono 3,0 V e 4,235 V. L'energia immagazzinata è espressa in mAh (milliAmpere-ora). I pacchetti batteria Lipo sono formati da più celle con una tensione nominale di 3,7 V collegate in serie e identificate da: 2S, 3S, 4S (le rispettive tensioni sono: 2*3,7 Volt, 3*3,7 V e 4*3,7 V). Se invece le celle sono collegate in parallelo sono identificate da: 2P, 3P, 4P (la tensione rimane 3,7 V si sommano gli ampere).

Oltre ai mAh un valore importante è la capacità di scarica, indicata con "C". Una batteria con alto valore di C ha una corrente di scarica (i) maggiore, dando più potenza W (è $W = V \cdot i$). Ad esempio una cella da 1.000 mAh con $C=1$ si scarica in un'ora e dà 3,7 W (1.000 mAh * 3,7 V). Se la stessa cella avesse $C=10$ l'intensità della corrente sarebbe 10 volte tanto e così la potenza: 37 W, la batteria si scaricherebbe in 1/10 di ora (6 minuti). Aumentando C crescono il peso della batteria e il costo; valori pratici sono $C=20\div30$.

I valori da considerare per un pacco di celle LiPo sono:

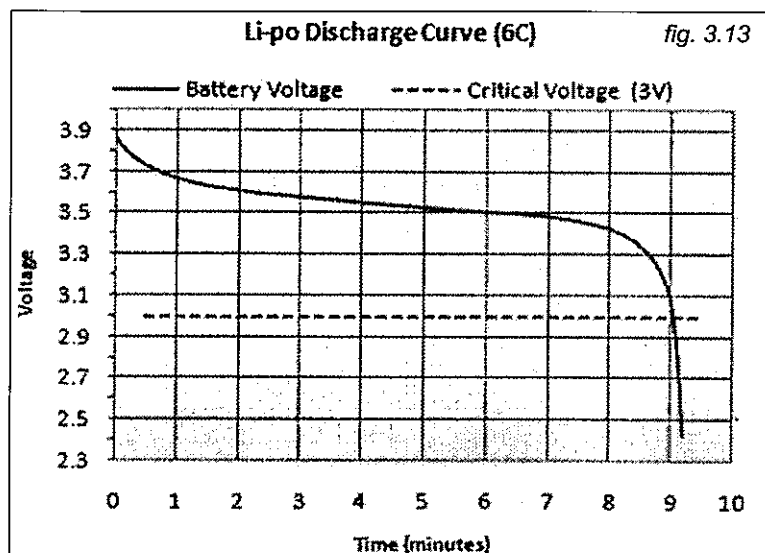


Fig. 3.13 La curva di scarica di una batteria LiPO, con evidenziato il voltaggio critico.

- Capacità della cella in [mAh] milli-Ampere-ora
- Numero di celle collegate in serie: 2S, 3S, ... ,
- Velocità di scarica C

Le batterie Lipo hanno causato parecchi incidenti, dovuti ad uso improprio. Una LiPo può prendere fuoco (non si riesce a spegnere l'incendio con l'acqua) ed anche esplodere. Una fase delicata è il caricamento che va fatto solo con caricabatterie specifici che eseguono il programma apposito. È bene bilanciare le celle del pacco in modo che nessuna raggiunga una carica eccessiva. Un'ulteriore misura è tenere il pacco durante la carica entro un contenitore ignifugo. Prima di immagazzinarle devono essere scaricate al valore nominale, e poi immagazzinate con i connettori isolati in luogo non esposto a luce diretta, urti ed umidità.

RADIOCOMANDO E DATA-LINK

I radiocomandi si possono dividere in due classi. Quelli più semplici non sono programmabili, sono stati predisposti e funzionano solamente per l'APR con cui sono stati venduti. Quelli più avanzati sono programmabili (e devono essere programmati), e possono memorizzare diversi profili per diversi APR. Un radiocomando può avere da 4 sino ad oltre 9 canali, che controllano diverse funzioni. Le 4 funzioni basiche dei modelli più semplici controllano:

1. Potenza
2. Rotazione sull'asse verticale (imbardata)
3. Inclinazione avanti/indietro (picchiata/cabrata)
4. Inclinazione destra/sinistra (rollio)

Altri canali sono utilizzati per attivare la funzione di "ritorno alla base" (RTH - Return To Home), per controllare la fotocamera, eccetera.

Un buon radiocomando dovrebbe avere la funzione "fail safe" su tutti i canali, funzione che in condizioni particolari, ad esempio se la comunicazione tra il radiocomando e la ricevente si interrompe, fa riposizionare il multirobot in volo stazionario livellato e/o attiva lo RTH.

Le frequenze sono nella banda dei 2,4 GHz o 5,8 GHz. Tali frequenze sono poco sensibili ai disturbi; è la radio stessa che cerca canali liberi e, se necessario, li cambia velocemente.

Per quanto riguarda l'utilizzo degli stick del radiocomando, nella disposizione detta "Modo 1", la più comune tra gli aeromodellisti, la potenza è comandata dallo stick di destra e il beccheggio da quello di sinistra.

Nella maggior parte dei quadricotteri, invece, il radiocomando opera in "Modo 2". Lo stick di sinistra controlla la potenza e la rotazione attorno all'asse verticale, quello di destra controlla l'inclinazione anteriore/posteriore e laterale a destra e a sinistra. Se lasciati liberi gli stick ritornano nella posizione centrale neutra.

Dopo aver acceso il radiocomando ed aver atteso che abbia stabilito il collegamento è necessario attivarlo. Uno dei modi (il modo per lo specifico APR è indicato nel manuale) è portare leggermente in avanti e poi all'indietro lo stick di potenza. All'avviamento è bene che il quadricottero sia su una superficie orizzontale perché molti modelli prendono l'assetto iniziale come riferimento. La posizione in cui l'APR viene acceso è assunta come base, a cui ritornare qualora sia attivata la funzione RTH.

Quando si sposta lo stick direzionale in avanti, l'APR si dirigerà nella stessa direzione in cui è orientato il **suo** naso. Portando lo stick a destra virerà alla **sua** destra. È questa la modalità normale e non crea problemi se APR e pilota sono rivolti nella stessa direzione. Se invece fossero rivolti in direzione opposte (se il naso dell'APR guardasse il pilota) portando lo stick a destra l'APR virerebbe comunque alla **sua** destra, che è la sinistra del pilota. Questa percepita "inversione" del comando può all'inizio disorientare. È peraltro inevitabile perché pilota e mezzo non possono avere sempre orientamento concorde, ad esempio non lo hanno nell'esecuzione di un'orbita o in fase di rientro alla base.

Per evitare il disorientamento molte centraline hanno una seconda modalità, chiamata "stick relativity". Questa fa sì che l'APR si diriga nella direzione impostata sul radiocomando, avendo sempre come riferimento il punto di partenza. L'utilità è opinabile: con la pratica diviene naturale operare in modalità normale e correggere automaticamente.

Mentre il radiocomando invia dati di controllo all'APR, il data link invia dall'APR dati (telemetria) ed immagini di volo al pilota. I dati sono relativi al motore, alla navigazione ed altri. Potrebbero ad esempio essere: lo stato della batteria, la temperatura dei motori, la posizione GPS, l'altezza, la velocità, il vento. I dati appaiono sul piccolo video del radiocomando o su uno schermo apposito. Può essere trasmessa la vista da bordo, per una migliore gestione del volo e per consentire la tecnica di pilotaggio FPV. Il dispositivo permette di controllare in tempo reale il volo e i vari apparati. La fig. 3.10 mostra dati di telemetria sovrapposti alla vista da bordo.

Il data link è anche un computer su cui può essere registrato il piano di volo, che verrà eseguito autonomamente, anche nel caso di perdita di contatto.

Utilizza di solito la frequenza di 2,4 GHz (peraltro utilizzata anche dalle reti wireless) o la 5,8 GHz. Talora questa seconda frequenza (ad es. per il DJI Phantom FC40 e 2 Vision+) è usata per il controllo del quadricottero e la prima per inviare le immagini per lo FPV e per gli altri dati di telemetria.

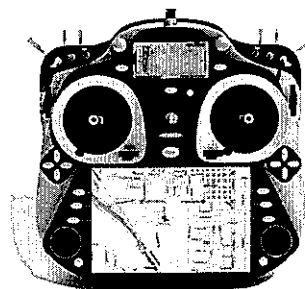
Il data link è necessario per tutte le operazioni specializzate.

GIMBAL

Il gimbal è un supporto che stabilizza la telecamera o la fotocamera sul piano orizzontale, contrastando la turbolenza e i moti dell'APR, e permette di orientarla indipendentemente dall'APR.

Il settaggio del gimbal è specifico per l'APR su cui è installato e deve essere variato cambiando la camera. I gimbal elettromeccanici, più semplici ed economici, forniscono prestazioni soddisfacenti per la fotografia. A questi si sono affiancati i più moderni tipi brushless che danno risultati migliori grazie ai più rapidi tempi di risposta. Anche se sono più critici nel settaggio e richiedono il dispositivo antivibrazioni, permettono a costo contenuto di eseguire riprese con stabilità e mantenimento dell'orizzonte ottimi, anche in presenza di turbolenza e raffiche di vento.

I gimbal a due assi operano su beccheggio e rollio, i movimenti più frequenti dei mul-



Nella figura 3.14 si vedono i due stick: per la potenza (a sinistra) e per l'inclinazione (a destra), al centro l'interruttore di avviamento. Gli stick sono nella posizione centrale. Sullo schermo in alto dati di controllo, su quello in basso si vede la mappa geografica.

ticotteri, e consentono il controllo dell'orientamento verticale, mentre il controllo dell'imbardata avviene tramite il radiocomando.

Il gimbal a tre assi permette di controllare anche la rotazione nel piano orizzontale ottenendo il controllo completo della camera in modo indipendente dall'orientamento dell'APR. Il carrello di atterraggio dev'essere retrattile.

Nelle applicazioni professionali i migliori risultati si ottengono se il controllo del volo e l'azionamento della camera sono svolte da due persone: il pilota dell'APR e il fotografo. In questo caso sono necessari due radiocomandi: uno per il pilotaggio e il secondo per controllare il gimbal e per azionare la camera.

TERMINATORE DI VOLO E CAVO DI RITENUTA

Anche se la centralina può essere programmata per impedire all'APR di uscire dalla zona di lavoro, ci sono stati casi in cui è sfuggito al controllo. Le cause possono essere molte: perdita del segnale del radiocomando, avaria ad un motore, non ricezione GPS, eccetera. Si possono verificare anche altri casi in cui è opportuno terminare il volo, al fine di evitare danni maggiori.

Per questi motivi cresce l'interesse per dispositivi che, in caso di emergenza, riportino al suolo l'APR, qualunque sia la condizione in cui ci arrivi. Tale dispositivo, per una migliore affidabilità, dev'essere separato dal radiocomando.

Una "interruzione del volo" in emergenza - tale è la condizione che richiede il terminatore - può significare caduta al suolo con rischi per le persone. I danni dipendono dall'energia cinetica residua dell'APR al contatto col suolo. È quindi indispensabile che il terminatore sia corredato da paracadute per contenere la velocità.

Un'alternativa è il cavo di ritenuta, vincolato a terra, che impedisca all'APR di uscire dalla zona di lavoro. Se l'APR arriva alla massima distanza permessa dalla lunghezza del cavo, lo porta in tensione. Ciò può portare ad oscillazioni instabili e ad un'eventuale caduta.

In ogni caso questo semplice ma valido dispositivo garantisce che l'APR rimanga entro la zona voluta. Può essere la differenza che fa ottenere l'autorizzazione ad operare in vicinanza o in zone altrimenti vietate.

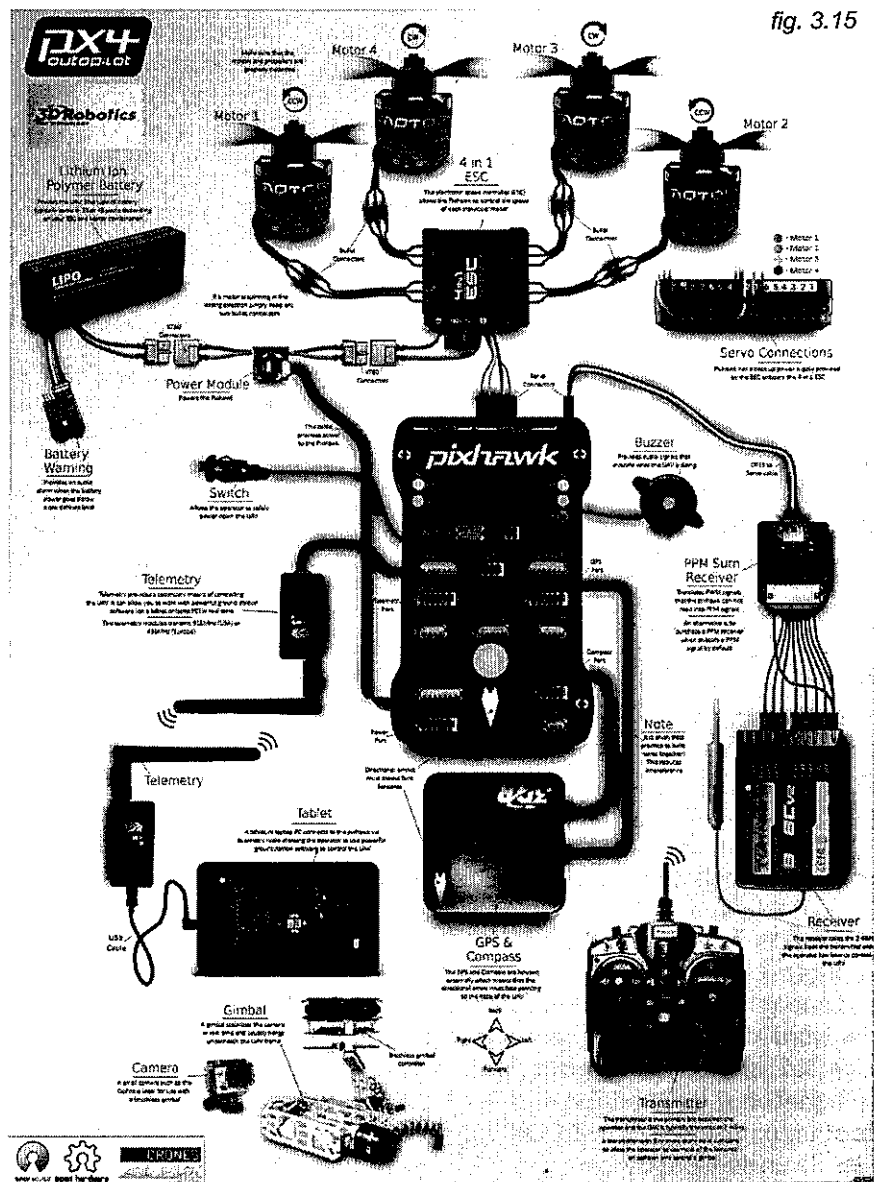
In applicazioni specialistiche vengono sperimentati cavi che assicurano le tre funzioni: trasmissione comandi e dati, alimentazione elettrica e ritenuta.

TRANSPONDER E RADIO CON FREQUENZE AERONAUTICHE

Il transponder emette un'onda elettromagnetica in risposta all'interrogazione da un radar secondario (*maggiori informazioni in Navigazione*). La sua installazione a bordo di un multicottero è prevista per attività entro spazi aerei controllati. Il consumo di energia elettrica richiesto dal transponder per emettere l'onda di risposta è rilevante.

Le radio portatili con frequenze aeronautiche sono utilizzabili come radio di emergenza su aeromobili e comunque da personale che abbia la relativa licenza. Un efficace modo alternativo per contattare un Ente del Traffico Aereo è il telefono cellulare.

Schema di un quadricottero



La figura 3.15 mostra lo schema di un quadricottero in cui si possono vedere i componenti descritti: eliche, motori e ESC, batteria, centralina, modulo GPS, gimbal, antenne, tablet e radiocomando.

II CAPITOLO - Strumenti

Gli strumenti di un aeromobile, sia esso un elicottero o un aereo o un APR, permettono di controllare e gestire: il volo e la navigazione, le comunicazioni radio, il motore e gli altri impianti.

La più precisa tecnologia elettronica e la miniaturizzazione dei circuiti hanno reso possibile equipaggiare anche i droni con strumenti sofisticati. In questo capitolo sono presentati i principi di funzionamento degli strumenti e gli ineliminabili errori sistematici, nonché i modi per compensarli.

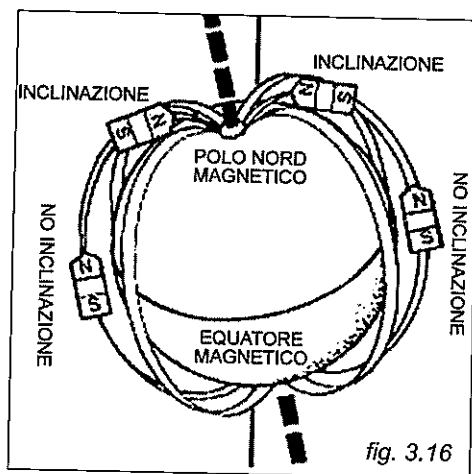
LA BUSSOLA

La bussola è stata il primo strumento di navigazione, ed è tuttora fondamentale. Consente di seguire rotte riferite al Nord Magnetico. La sua parte sensibile è un ago magnetizzato libero di ruotare, il quale, allineandosi con le linee di forza del campo magnetico terrestre, indica la direzione del Nord Magnetico.

La Terra è circondata da un forte campo magnetico e si può pertanto assimilare a un enorme dipolo magnetico, che ha direzione molto vicina a quella dell'asse di rotazione. La **figura 3.16** mostra le linee di flusso magnetico attorno alla Terra. In vicinanza dei Poli la componente verticale del campo è prevalente, e le indicazioni della bussola divengono prima inaffidabili ed infine completamente inutilizzabili.

I poli magnetici non coincidono con quelli geografici e inoltre si spostano nel tempo. Il campo magnetico non è omogeneo e quindi le linee di flusso sulla superficie terrestre: i meridiani magnetici, che indicano la direzione del Nord Magnetico, hanno andamento irregolare a causa del magnetismo locale prodotto da giacimenti di metalli ferrosi. L'angolo che in un dato punto il meridiano magnetico forma col meridiano geografico, che indica la direzione del Nord Vero, si chiama declinazione magnetica. Ad essa è dato segno + o Est se il Nord Magnetico si trova ad Est di quello geografico, e viceversa segno - o Ovest.

Nella strumentazione più avanzata la direzione magnetica è rilevata, anziché da aghi magnetici, da un sensore del campo magnetico, installato in posizione tale da non essere influenzato dai campi di bordo, che invia alla rosa della così chiamata "telebussola" e ad altri strumenti un segnale elettrico di prua. La bussola tradizionale è mantenuta per ridondanza. Negli APR sono utilizzati magnetometri.



ERRORI DELLA BUSSOLA

I così detti "errori" della bussola derivano dalle caratteristiche del campo magnetico Terrestre e dall'influenza dei campi magnetici prodotti da altri dispositivi.

La **declinazione magnetica** è l'angolo tra la direzione del Nord Geografico o Vero

(Nv) e il Nord Magnetico (Nm). L'angolo dipende dalla posizione geografica e varia nel tempo. In assenza di altri campi magnetici in aggiunta a quello terrestre, la bussola indicherebbe il Nord Magnetico, non il Nord Vero: la differenza è l'**errore di declinazione d**.

L'errore di declinazione in Italia è minimo: in Lombardia era 2° E nel 2013 con variazione annuale prevista di 6' E.

I campi magnetici generati dalle masse metalliche e dai motori elettrici a bordo dell'aeromobile si sommano a quello terrestre e sono la causa della **deviazione magnetica d**, il secondo errore. La deviazione magnetica è l'angolo tra le linee di flusso del campo magnetico terrestre e l'orientamento della bussola.

A causa della deviazione, la bussola indica non già il Nord Magnetico ma una direzione chiamata Nord Bussola (Nb). Le bussole sono dotate di magnetini di compensazione, regolando i quali si cerca di minimizzare gli errori di deviazione. Non è possibile eliminarli completamente: le deviazioni residue sono riportate in una tabellina che è posta sotto la bussola. Le deviazioni residue non superano 2° gradi, al massimo 3°. La deviazione magnetica è indipendente dalla posizione geografica ma dipende dalla prua dell'aeromobile.

La bussola presenta altri errori, che si manifestano durante le virate e in accelerazione; sono dovuti alla componente verticale del campo magnetico che viene rilevata solo in dette condizioni. *Tali errori, non di rilevante interesse per gli APR, non sono qui trattati.*

La **figura 3.17** esemplifica la differenza tra la direzione del Nord geografico o vero (Nv), magnetico (Nm) e Nord bussola (Nb). Nella figura la declinazione è positiva: il Nm è ad Est del Nv, ed anche la deviazione è positiva. È disegnata con tratto spesso la rotta, per mostrare le relazioni tra gli angoli di rotta vera (TC), magnetica (MC) e rotta bussola (CC).

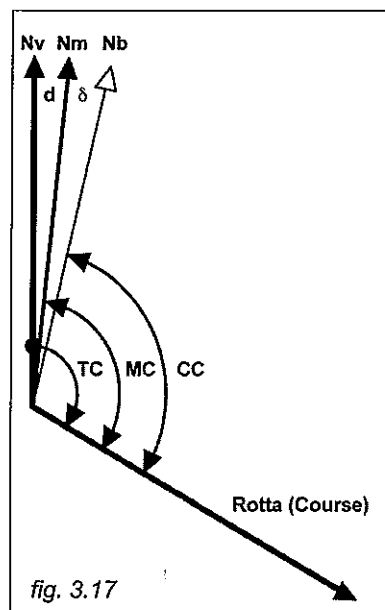


fig. 3.17

STRUMENTI DI VOLO ANALOGICI

Gli strumenti fondamentali di volo analogici classici di un aeromobile sono i sei sotto elencati, installati nella razionale disposizione che si vede nella **figura 3.18**.

Da sinistra a destra e dall'alto in basso vediamo:

1. **Indicatore di velocità o Anemometro**
2. **Indicatore di assetto o Orizzonte artificiale**
3. **Altimetro**
4. **Coordinatore di virata**
5. **Giroscopio Direzionale**
6. **Variometro o indicatore di salita/discesa**

Altimetro, Variometro e Anemometro sono strumenti barometrici, perché le indicazioni derivano dalla pressione dell'aria, statica e d'impatto. Orizzonte artificiale, Direzionale e Viroscopio utilizzano giroscopi per il loro funzionamento e sono detti strumenti giroscopici.

L'Orizzonte Artificiale e il Direzionale sono alimentati dalla depressione creata da una pompa a vuoto, mentre il Viroscopio è ad alimentazione elettrica, per assicurare



Figura 3.18 I quattro strumenti evidenziati in grassetto, i più importanti, formano la caratteristica configurazione a T, in cui l'Orizzonte Artificiale è in alto al centro, con l'Anemometro alla sinistra e l'Altimetro alla destra; l'asta della T è completata dal Direzionale, situato sotto l'indicatore di assetto. Virobandometro e Variometro sono disposti a sinistra e a destra del direzionale.

che, in caso di avaria ad un impianto, il controllo del volo in condizioni strumentali sia possibile con i restanti strumenti.

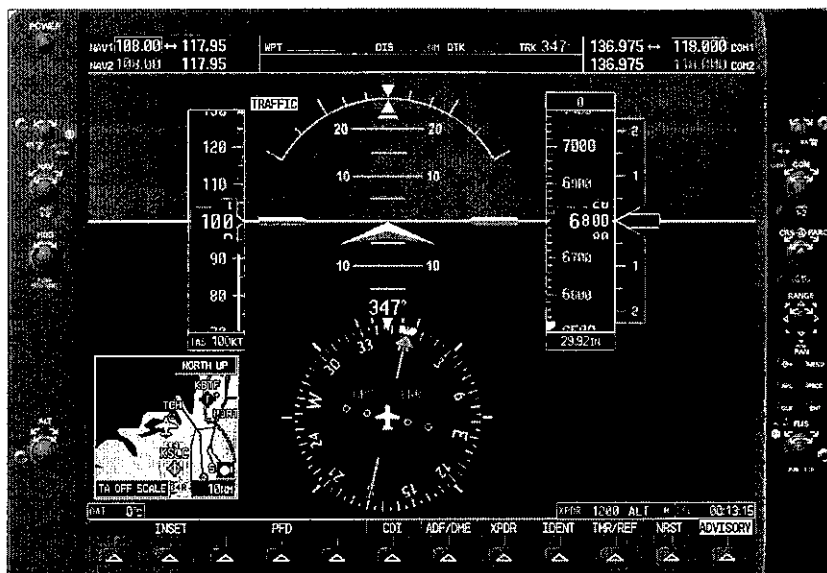
STRUMENTAZIONE DIGITALE - EFIS

L'EFIS (Electronic Flight Instrument System) è il moderno sistema di strumenti di volo che usa la tecnologia elettronica per presentare su schermi in maniera integrata e intelligente le informazioni di volo, di navigazione e del motore. Il cruscotto EFIS è costituito da schermi LCD, da cui il nome di "Glass cockpit". Un'altra importante differenza rispetto al cruscotto classico è che i sensori sono posti ove più conveniente, ed i dati sono trasmessi all'elettronica, da questa elaborati e inviati allo schermo.

Questo sistema si è diffuso dagli aerei più grandi a quelli leggeri ed anche a molti ultraleggeri avanzati. Nei tipi più semplici il numero degli schermi è due; in quelli più complessi può superare i quattro. La presentazione al pilota è simile nei diversi modelli ma le operazioni, basate sull'uso di menù e sottomenù, sono specifiche per modello.

Nello schermo principale, il PFD (Primary Flight Display), sono ripresi i sei strumenti fondamentali. Il PFD prende il posto dell'indicatore di assetto e raggruppa tutte le altre informazioni che nel cruscotto tradizionale sono presentate nei sei strumenti distinti. L'elettronica fornisce indicazioni di tendenza ed evidenzia valori che eccedono i parametri prefissati, ad esempio bassa velocità o bassa quota.

Le informazioni di navigazione (rotta prescelta e attuale, waypoint, ecc.) compaiono sul PFD oppure su uno schermo multifunzione: il MFD (MultiFunction Display), e sono sovrapposti alla mappa aeronautica ("moving map").



Nella **figura 3.19** si vede una tipica schermata del cruscotto elettronico con la caratteristica presentazione integrata. È un PFD (Primary Flight Display) della Garmin. La scala a sinistra è quella dell'anemometro, a destra vi sono altimetro e variometro; al centro si trova l'indicatore di assetto, la lineetta sotto il triangolino di fede in alto è lo sbandometro. Sotto c'è la rosa del direzionale con indicata la prua: 270°. L'aereo è in volo coordinato con assetto orizzontale, la velocità è 100 kt, la quota 4.000 ft costante. Nel riquadro in basso a sinistra può comparire uno scorcio della mappa di navigazione. Sulla parte alta dello schermo si notano le frequenze delle radio e degli apparati di navigazione. Sulla cornice dello schermo, a destra, a sinistra e in basso vi sono i comandi per le radio e i pulsanti per attivare le varie funzioni con l'aiuto di menù.

Compaiono anche altre informazioni: i traffici nelle vicinanze, il vento, la situazione meteo, ... I dati sul funzionamento del motore e sugli impianti sono presentati a richiesta o evidenziati in base a livelli di criticità prefissati.

AHRS E ADC

La strumentazione più moderna è basata sugli AHRS (Attitude and Heading Reference System) che usano giroscopi miniaturizzati o elettronici, e accelerometri per l'assetto sui tre assi, complementati da magnetometri per rilevare la direzione. Utilizzano anche ricevitori GPS per migliorare la stabilità a lungo termine dei giroscopi. Filtri sono impiegati per consolidare i dati provenienti da queste fonti multiple. Le informazioni di posizione sui tre assi sono condivise con molti dispositivi, come i PFD (Primary Flight Displays) nel cruscotto "Glass cockpit".

Gli AHRS possono essere combinati con gli ADC (Air Data Computer), ottenendo un sistema integrato in cui confluiscono informazioni ulteriori come velocità anemometrica, quota e temperatura esterna.

Gli AHRS hanno dimostrato una grande affidabilità e si stanno diffondendo anche nell'aviazione generale.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO STRUMENTI BAROMETRICI

Gli strumenti barometrici sono tarati in aria ISA (International Standard Atmosphere). L'aria reale non sarà mai ISA e ciò spiega le correzioni che occorre apportare alle indicazioni degli strumenti per passare dai valori letti direttamente sugli strumenti: valori "indicati", a quelli "veri".

Gli strumenti che utilizzano la pressione esterna prendono il nome di strumenti barometrici. Sono: l'**altimetro**, il **variometro**, l'**anemometro**. I primi due ricevono soltanto la pressione dell'aria in quiete: la pressione statica p_s . Quando un aeromobile vola l'aria impatta sulla struttura causando una pressione maggiore rispetto alla statica. La **pressione d'impatto** o pressione totale (p_{tot}) è somma della pressione statica p_s e della pressione dinamica p_d ($\frac{1}{2}\rho V^2$) dovuta al moto. Il "tubo di Pitot" è dispositivo che rileva sia la pressione d'impatto sia quella statica.

ALTIMETRO

L'altimetro indica la distanza verticale dell'aereo rispetto a una superficie di pressione impostata dal pilota. È, in effetti, un barometro che converte la pressione in altezza secondo le specifiche dell'aria ISA. Il pilota imposta la pressione di regolazione che appare nella finestrella. Impostando, ad esempio, 1.010 hPa, le quote indicate dallo strumento sono relative a detta superficie isobarica. Se 1.010 è la pressione esistente al suolo, l'altimetro indica la quota sul suolo o altezza; se invece è la pressione a livello del mare, l'altimetro indica l'altezza rispetto al mare o altitudine.

L'altimetro può essere regolato sulla pressione al livello del mare (QNH) e indicherà Alitudini, oppure può essere regolato sulla pressione esistente sull'aeroporto (QFE) e indicherà Altezze. Quando è regolato sulla superficie isobarica standard: 1.013,25 hPa (QNE) la quota, espressa in centinaia di piedi, prende il nome di "livello di volo".

La regolazione sul QNH si usa per basse quote e consente agli aeromobili che volano nella stessa area di separarsi per altitudini. Il QNH cambia secondo la località e viene comunicato dall'Ente ATS in occasione del primo contatto radio. A quote elevate si usa la regolazione sul QNE.

VARIOMETRO

Il variometro indica la velocità verticale dell'aereo V_z , rilevando la variazione nel tempo della pressione statica. La V_z , o rateo di salita/discesa, è misurata in [ft/min] o in [m/s]. Il variometro è molto pronto a indicare le variazioni; indica invece con un certo ritardo i valori corretti.

ANEMOMETRO

L'anemometro indica la velocità all'aria dell'aereo, ricavandola dalla pressione dinamica $p_d = \frac{1}{2}\rho V^2$. Siccome ρ varia con la quota e le condizioni meteo, lo strumento utilizza il valore della densità ISA a livello del mare. La V così ottenuta prende il nome di "velocità indicata", ed è in effetti la misura della pressione dinamica sull'aereo. Per ottenere la velocità vera bisogna apportare la correzione per la densità reale in quota rispetto a quella ISA a livello del mare.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO STRUMENTI GIROSCOPICI

Un corpo che ruota attorno ad un asse con velocità sufficientemente elevata, esibisce due importanti proprietà.

La prima proprietà è la tendenza a mantenere fisso l'asse di rotazione, anche in presenza di forze devianti. È questa la **rigidità giroscopica**. Nel caso in cui l'asse sia forzato a cambiare direzione, il corpo reagisce con una rotazione nel piano perpendicolare a quello della forza applicata e che contiene l'asse di rotazione. Il verso della precessione è quello che sarebbe provocato da una forza che "precedesse" (da qui "precessione") di 90° la forza deviante lungo l'arco descritto dal rotore. Questa seconda proprietà prende il nome di **precessione giroscopica**. Queste due caratteristiche sono sfruttate in tre strumenti: l'**indicatore di virata**, il **girodirezionale**, l'**indicatore d'assetto** o orizzonte artificiale.

I giroscopi sono soggetti ai seguenti errori. La deriva giroscopica è una precessione di lieve entità dovuta alle imperfezioni costruttive e agli ineliminabili attriti che, col passare del tempo, spostano l'asse di rotazione. La precessione apparente è lo spostamento dell'asse del giroscopio rispetto alla Terra, dovuto alla rotazione terrestre; quella da trasporto è una forma di precessione apparente dovuta allo spostamento del velivolo rispetto al terreno. In ambedue i casi il giroscopio mantiene inalterato il suo allineamento assoluto. Nei voli di breve durata gli effetti della precessione apparente e da trasporto possono essere trascurati; non così l'effetto della deriva, che richiede che i giroscopi siano periodicamente riallineati.

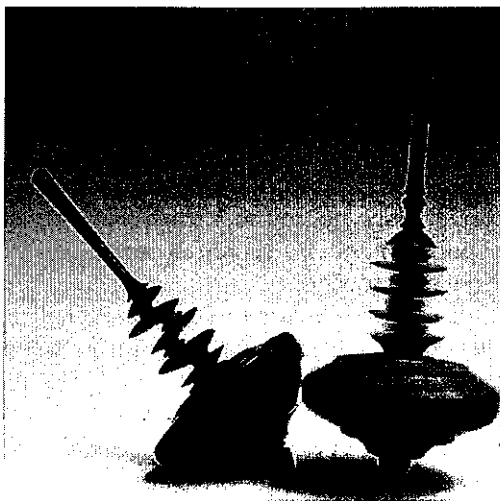


Figura 3.20 La trottola offre un chiaro esempio delle due caratteristiche: **rigidità e precessione**. Fatta ruotare velocemente, si comporta come un giroscopio. Fino a che la velocità di rotazione è abbastanza elevata, l'asse rimane verticale nonostante il peso tenti di inclinarlo. A mano che l'attrito la rallenta la trottola reagisce alla forza di gravità che tende a farla cadere, precessionando: l'asse di rotazione descrive un cono verticale. Rallentando ancora le proprietà giroscopiche decadono e la trottola cade.

INDICATORE DI VIRATA (VIROSBANDOMETRO)

Il virometro indica il senso e il rateo della virata; vi sono riferimenti per il rateo standard, che è 2 minuti per 360°.

L'indicazione del virometro non è strettamente collegata all'inclinazione alare: in derapata l'inclinazione può essere zero, ma il virometro indica la virata; al contrario la direzione può essere mantenuta anche con le ali inclinate (scivolata d'ala) ed il virometro rimane centrato.

Il virometro è abbinato allo sbandometro; lo strumento doppio risultante prende il nome di virosbandometro.

Lo sbandometro è uno strumento semplice ma essenziale per volare in modo coordinato. È basato su una pallina metallica che si può spostare all'interno di un tubo trasparente, riempito di un fluido che ha lo scopo di smorzarne gli spostamenti. Il tubo

presenta una leggera concavità verso l'alto; la posizione centrale di equilibrio è marcata da due linee verticali. Lo sbandometro è posizionato nel piano trasversale dell'aereo; la pallina si dispone secondo la risultante delle forze trasversali: Peso e Forza Centrifuga. Se la pallina è centrata la risultante è perpendicolare al piano alare.

In virata se la pallina è spostata verso l'esterno c'è una preponderanza di forza centrifuga, se all'interno la forza centrifuga è troppo poca ed è prevalente il peso. Nel primo caso si parla di virata derapata, nel secondo di virata scivolata. Se la pallina si trova nella posizione centrale, di equilibrio, la virata si definisce corretta.

DIREZIONALE

Il direzionale giroscopico, o girodirezionale, è lo strumento che indica la direzione della prua dell'aereo. È basato su un giroscopio a tre gradi di libertà avente asse di rotazione orizzontale. Il movimento relativo tra la cassa dello strumento, solidale con l'aereo, e l'asse del rotore è trasmesso al disco che riporta la rosa delle direzioni. L'aereo si può immaginare situato al centro dello strumento circondato dall'orizzonte delle direzioni magnetiche.

Il direzionale conserva soltanto l'allineamento che ha ricevuto. Prima dell'utilizzo dev'essere allineato con una direzione nota: è la prua letta dalla bussola. Una volta **regolato, il direzionale indica quindi prue magnetiche** (per l'esattezza prue bussola).

Il direzionale è soggetto ad errori, causati dall'attrito dei perni (deriva giroscopica). A causa di ciò le indicazioni si discostano progressivamente da quelle della bussola.

INDICATORE DI ASSETTO

L'Indicatore di Assetto, o, come è spesso chiamato, Orizzonte Artificiale, consente di riconoscere l'assetto ed i movimenti dell'aereo attorno all'asse longitudinale (rollio) e trasversale (beccheggio). Strumento fondamentale per il controllo del velivolo in condizioni IMC, in VFR è utile come supporto, soprattutto in condizioni di scarsa visibilità.

L'orizzonte artificiale utilizza un giroscopio ad asse verticale a tre gradi di libertà, mantenuto in rotazione dalla depressione generata dal vacuometro. Al fine di annullare gli effetti della precessione, che fanno deviare l'asse dalla verticale locale, è dotato di un dispositivo di riallineamento automatico.

ELT

Lo **ELT** (Emergency Locator Transmitter) è un trasmettitore radio che emette segnali sulle frequenze di soccorso 121,5 MHz e 243,0 MHz per guidare i soccorritori verso l'aereo in emergenza. Si attiva automaticamente se subisce un'accelerazione di valore superiore al prestabilito, causata da impatto col suolo, ma può anche essere attivato manualmente. Gli ELT più recenti operano a 406 MHz e offrono significativi vantaggi: maggior potenza e durata del segnale, localizzazione più tempestiva, rilevazione dai satelliti. Molti dei nuovi modelli contengono ancora un'unità a 121,5 MHz che può essere utilizzata come radiofaro per la localizzazione.

III CAPITOLO - Motori a combustione interna

Per rispondere alle linee guida del documento ENAC LG-2014/001 Rev. 1 Draft del 23.07.2014, sono qui esposte nozioni base sui motori a combustione interna.

Il motore a combustione interna è una macchina termica che converte l'energia chimica del carburante in calore, e questo in lavoro. Non tutta l'energia termica può essere convertita in lavoro, dice la termodinamica, che stabilisce anche il rendimento termico massimo della trasformazione calore → lavoro. Il calore non convertito è emesso con i gas di scarico, o disperso tramite il circuito di raffreddamento al fine di mantenere la temperatura del motore nei limiti.

Requisiti dei motori aeronautici sono: affidabilità di funzionamento, bassi consumi, leggerezza. I motori a turbina per le doti di affidabilità e l'eccellente rapporto potenza/peso equipaggiano, nelle versioni turboelica e propulsione a getto ("jet"), la quasi totalità degli aerei commerciali. I motori a pistoncini, per la loro economicità, si sono imposti nei monomotori e bimotores leggeri.

I motori a pistoncini aeronautici operano secondo il ciclo Otto a quattro tempi: l'accensione della miscela aria-benzina è ottenuta grazie ad una scintilla, e il ciclo completo si svolge in quattro tempi.

I motori a due tempi, per l'incapacità a mantenere bassi i consumi se non ricorrendo a dispositivi complessi, anche negli ultraleggeri sono stati sostituiti dai motori a ciclo Otto.

I motori a ciclo "Diesel" in cui il combustibile, iniettato nella camera di combustione, incontrandosi con l'aria ad alta temperatura brucia spontaneamente, in aeronautica ha visto finora applicazioni sporadiche. Si possono citare le versioni Diesel di Cirrus, Diamond e del Cessna 172, introdotta a inizio 2008. Grazie ai progressi che ne hanno ridotto il peso, questa motorizzazione attira crescente interesse.

I motori si distinguono in "aspirati" se l'alimentazione (aspirazione) dell'aria o della miscela avviene alla pressione atmosferica, e in sovralimentati o "compressi" se l'aria, prima di arrivare ai cilindri, è compressa per aumentarne la densità. Il compressore è di solito mosso da una turbina che sfrutta l'energia residua dei gas di scarico.

Al motore a scoppio a pistoncini, chiamato anche "alternativo" perché i pistoncini alternano continuamente il loro movimento, si è affiancato il motore a scoppio rotativo.

MOTORE A PISTONI

La parte esterna di un motore è costituita da: basamento, cilindri, testata. All'interno del basamento, sostenuto da supporti di banco, ruota l'albero motore che riceve il moto dai pistoncini per tramite delle bielle.

I pistoncini si muovono entro i cilindri con moto rettilineo alternato tra il Punto Morto Superiore (PMS) e il Punto Morto Inferiore (PMI); le bielle, ad essi collegate, trasformano il moto rettilineo nel moto circolare dell'albero motore. Nella testata si trovano le candele di accensione e le valvole di aspirazione e di scarico, che aprono e chiudono i condotti relativi. La distanza percorsa dal pistone dal PMS al PMI si chiama corsa e il diametro del cilindro si chiama alesaggio. Cilindrata del singolo cilindro è il volume spazzato dal moto del pistone. La cilindrata di un motore è la somma delle cilindrato di tutti i cilindri ed è misurata in centimetri cubici [cm³] o in litri [l] o pollici cubici [inch³]. Si chiama rap-

porto di compressione il rapporto tra i volumi all'interno del cilindro misurati quando il pistone si trova al PMI e quando è al PMS. Aumentando, entro certi limiti, tale rapporto aumentano rendimento e potenza. In un motore con un solo cilindro il funzionamento è molto irregolare, poiché l'albero motore riceve energia solo nella fase di espansione. Con quattro cilindri si ha una fase attiva ogni mezzo giro dell'albero, ottenendo maggior uniformità e vibrazioni molto minori. Aumentando il numero dei cilindri il funzionamento è ancor più regolare.

La **figura 3.21** mostra lo spaccato di un cilindro di motore a ciclo Otto a 4 tempi. Si vedono: l'albero motore, la biella, il pistone in fase ascendente, le valvole di aspirazione e di scarico, chiuse, comandate da due alberi a camme, la candela per l'accensione. Si possono notare gli anelli di tenuta del pistone e le camicie in cui circola il fluido di raffreddamento.

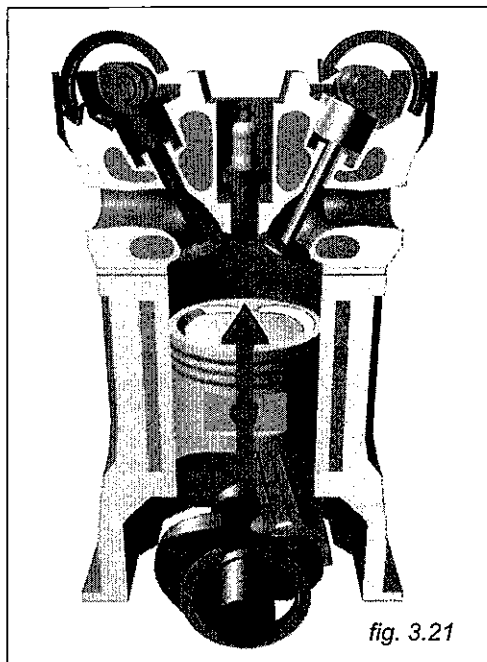


fig. 3.21

FUNZIONAMENTO

I motori a combustione interna operano secondo il ciclo Otto che consiste di quattro fasi (tempi) che nel motore a pistoncini si compiono in due giri dell'albero motore, in quello rotativo in uno solo. Le fasi sono:

1. Aspirazione. La miscela aria/benzina entra nel cilindro attraverso la valvola di aspirazione, aspirata dalla depressione causata dalla discesa del pistone dal PMS al PMI. Nei motori a iniezione diretta è aspirata solo aria, la benzina è iniettata nel cilindro.

2. Compressione. La miscela viene compressa con aumento di temperatura durante la corsa ascendente del pistone dal PMI al PMS.

3. Combustione ed Espansione. La scintilla della candela innesca la combustione della miscela aria/benzina. L'aumento di temperatura dei gas combusti aumenta la pressione che spinge il pistone dal PMS al PMI. È questa l'unica fase attiva; nelle altre il pistone è trascinato dall'albero motore e assorbe energia.

4. Scarico. I gas combusti sono espulsi attraverso la valvola di scarico dal pistone che risale.

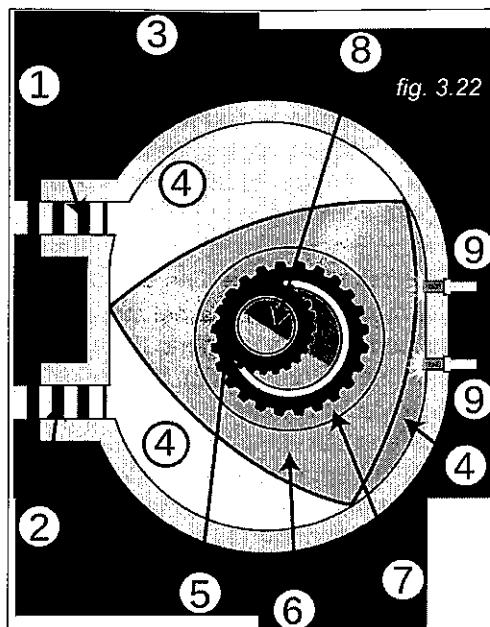
Il rendimento globale del motore: rapporto tra il calore della combustione e il lavoro ottenuto, è $\approx 21\% - 23\%$. Tale valore è determinato dal rendimento termico ma tiene anche conto della potenza persa negli attriti interni.

MOTORE ROTATIVO

È basato su un rotore a forma triangolare che ruota all'interno di una cassa a due lobi, variando continuamente i volumi tra il rotore stesso e la cassa e consentendo così di eseguire il normale ciclo Otto a 4 tempi. Non ci sono parti in moto alternativo, né valvole di ammissione e scarico con i relativi dispositivi meccanici. L'accensione della mi-

Nella **fig. 3.22** si vedono le tre camere delimitate tra il rotore e la cassa e, al centro, l'albero motore.

1. Ugello di iniezione
2. Ugello di scarico
3. Camicia esterna
4. Camera di combustione
5. Ingranaggio centrale
6. Rotore
7. Ingranaggio interno
8. Albero motore
9. Candele di accensione



scelta è ottenuta con due candele. Nei tre volumi definiti tra il rotore e la cassa vengono eseguiti contemporaneamente tre cicli. Ha avuto applicazioni in campo automobilistico e motociclistico nonostante la durata limitata per la rapida usura delle lamine di tenuta. È stato poi accantonato perché non rispondeva alle sempre più stringenti norme anti-inquinamento.

Rispetto ai motori alternativi a pistoni il Wankel offre numerosi vantaggi: dimensioni e peso ridotti, basse vibrazioni e alto rapporto potenza/peso. È circa un terzo in dimensioni e peso rispetto ad un motore alternativo della stessa potenza. Non soffre di eccessivo raffreddamento durante le discese, e non richiede una miscela arricchita per il funzionamento a potenza elevata. Infine non avendo parti in moto alternativo sopporta meglio l'eventuale fuorigiri ed è molto difficile che possa grippare perché quando il motore si riscalda la cassa si dilata più del rotore. Il minor consumo specifico e il minor peso si traducono in un minor consumo orario, consentendo un carico utile maggiore.

POTENZA E CONSUMO

Il rendimento volumetrico è il rapporto tra la massa di miscela aria-benzina che entra nei cilindri e quella massima teorica qualora i cilindri fossero riempiti completamente con aria ISA a livello del mare, e determina la potenza che il motore eroga. Il rendimento volumetrico dipende dalla densità dell'aria e quindi da pressione, temperatura e umidità, che variano da luogo a luogo e nel tempo. La potenza di un motore in una giornata di alta pressione e fredda è maggiore che in una giornata di bassa pressione con temperatura e umidità alte. I tre fattori che riducono la potenza sono indicati con le tre H: High, Hot, Humid (Alto, Caldo, Umido).

La sola potenza non è sufficiente a qualificare un motore: è necessario conoscerne il consumo, che può essere riferito al tempo: **consumo orario**, oppure alla potenza: **consumo specifico**.

Il primo consente di determinare l'autonomia oraria, cioè il tempo che l'aereo può rimanere in volo col motore che eroga una data potenza. Il consumo specifico è indice dell'efficienza del motore: dice quanta benzina sia necessaria per produrre 1 CV di potenza per un'ora.

INFLUENZA DELLA QUOTA

La quota riduce la potenza che il motore può erogare. La densità dell'aria diminuisce con la quota, non in esatta proporzione con la diminuzione di pressione perché la temperatura, anch'essa decrescente, riduce l'effetto.

A manetta inalterata, diminuiscono la pressione d'alimentazione e l'efficienza volumetrica: la massa d'aria che entra nei cilindri è minore, e con questa la potenza.

BENZINA AVIO E AUTO

Il carburante utilizzato nel motore a scoppio è la benzina, una miscela di idrocarburi liquidi, composti da Idrogeno (H) e Carbonio (C), ottenuta dalla raffinazione del petrolio. La reazione di combustione della benzina con Ossigeno (O_2) produce anidride carbonica (CO_2) e vapor d'acqua (H_2O).

Il carburante utilizzato nei motori aeronautici a scoppio è la benzina avio, denominata AVGAS 100LL. AVGAS è la contrazione di Aviation Gasoline (benzina per aviazione), 100 è il numero di ottano (N.O.) che misura le proprietà antidetonanti della benzina, LL (Low Lead) significa che il contenuto di piombo è basso.

Il peso specifico della benzina è $\rho_s = 0,70 \div 0,71$ kg/l. La benzina avio è caratterizzata **dall'elevato numero di ottano** e dalla **bassa volatilità**. Il primo è necessario per evitare la detonazione, la seconda per ridurre l'evaporazione. Questa, favorita dalla bassa pressione in quota, potrebbe formare blocchi di vapore nelle tubazioni di adduzione, causando lo spegnimento del motore; potrebbe anche formare nei serbatoi una miscela esplosiva aria/vapori di benzina. La bassa volatilità della benzina rende però l'avviamento più difficile.

La benzina auto si sta diffondendo anche nell'aviazione generale per motivi di costo e di reperibilità. Gli aerei che la usano e gli ultraleggeri sono dotati di dispositivi per ovviare ai problemi menzionati.

DETONAZIONE E PREACCENSIONE

La combustione si propaga come un'onda che origina dalle candele e investe tutta la camera. Può succedere che temperatura e pressione eccessive, formatesi in un punto della camera, innescino un altro fronte di combustione, che si scontra con quello originato dalle candele. Ciò capita quando il motore è sottoposto a carico elevato a basso numero di giri. La detonazione è dovuta a quest'onda anomala che si propaga a velocità esplosiva e scuote le pareti del cilindro. Oltre a diminuire la potenza, pregiudica l'integrità e la durata del motore.

La pre-accensione è causata da residui carboniosi ad alta temperatura, i quali innescano la combustione quando non è ancora scoccata la scintilla. Agli effetti pratici pre-accensione e detonazione si equivalgono, perché alla prima segue comunque la seconda.

Per misurare la resistenza alla detonazione di una benzina la si confronta con una miscela di eptano ed ottano; l'ottano ha ottima resistenza alla detonazione, l'eptano pessima. Il numero d'ottano (N.O.) è la percentuale di ottano nella miscela ottano-eptano che mostra nel motore di prova la stessa resistenza alla detonazione della benzina in esame.

Qualunque sia il N.O., se la miscela aria-benzina è portata ad una temperatura abbastanza alta, detona.

CARBURATORE E INIEZIONE

Per miscelare carburante e aria e dosarne la quantità da inviare ai cilindri si usa l'alimentazione a carburatore per potenze non superiori a 200 CV, altrimenti quella ad iniezione. La prima ha il pregio della semplicità, ma il difetto che la miscela non giunge in modo uniforme a tutti i cilindri, la seconda dà anche un'efficienza migliore che si traduce in minor consumo specifico, inoltre la risposta alla manetta è più pronta.

Salendo in quota è indispensabile che il carburatore mantenga costante il rapporto in peso aria/benzina (titolo della miscela) nonostante la decrescente densità dell'aria. Ciò è ottenuto col correttore di miscela, un dispositivo che può essere manuale o barometrico.

ACCENSIONE

L'impianto di accensione produce la scintilla alle candele, per innescare la combustione. Diversamente da quello dell'automobile, non dipende dall'energia elettrica esterna, ma la produce autonomamente utilizzando un dispositivo di accensione a magnete. In tal modo anche un'avaria totale del circuito elettrico non ha effetti sul motore.

Inoltre in ogni cilindro ci sono due candele alimentate da due circuiti di accensione indipendenti così che l'accensione sia assicurata anche in caso di avaria ad uno dei due.

TBO

Il tempo di funzionamento trascorso il quale un motore dev'essere completamente revisionato anche se perfettamente funzionante è chiamato TBO (Time Between Overhaul) ed è solitamente 2.000 ore. Secondo la gravosità dell'impiego, uno stesso motore può avere TBO diversi. Durante il TBO il motore è sottoposto alla manutenzione ordinaria ogni 50 ore, e a quella straordinaria come necessario. Tutti gli interventi di manutenzione devono essere fatti da personale certificato e segnati sul libretto del motore, con le ore di volo relative.

REGOLAMENTAZIONE AEREA

La regolamentazione aerea è l'insieme delle regole che si devono osservare nel volo. Stabilisce doveri e diritti degli utenti dello spazio aereo e descrive i comportamenti per usufruirne senza causare pericolo agli altri e a se stessi.

Al giorno d'oggi aerei, alianti, ultraleggeri condividono un cielo affollato. Alle basse quote impegnate dai droni civili lo spazio non è così densamente occupato, tranne che in vicinanza degli aeroporti e, soprattutto nei giorni festivi, delle aviosuperfici e dei campi volo. Ci sono poi aree di cui è vietato sia il sorvolo sia il volo nelle vicinanze: zone militari, taluni impianti industriali, eccetera.

In questa sezione non sono state esaminate nel dettaglio tutte le regole del volo – non è questo lo scopo – per meglio soffermarsi su quelle che più possono interessare al pilota di SAPR. Ad esempio si è solo accennato ad argomenti quali la separazione per turbolenza di scia e la compilazione del piano di volo ICAO.

Sono stati descritti tutti i punti essenziali per una visione completa della regolamentazione aerea, inclusi: i servizi all'aviazione, le classi di spazi aerei, le procedure per il volo VFR, l'uso e i codici del transponder, il radar, l'intercettamento ed altri ancora.

Un capitolo è dedicato agli aeromobili: ne sono indicate le varie classificazioni e specificati i documenti necessari. Sono descritte le aree utilizzate per le operazioni dei velivoli: aeroporti e aviosuperfici.

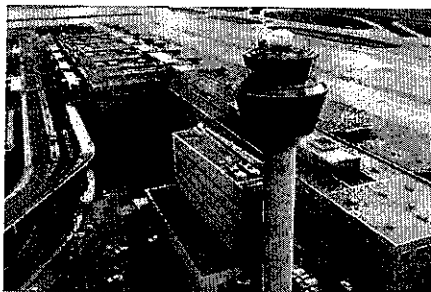
Nel quarto capitolo è descritto il comportamento che il pilota deve tenere in caso avvisti un incidente – e questa è un'evenienza che può capitare anche al pilota APR. È data la definizione di incidente e di inconveniente, la loro classificazione, l'obbligo di riportare gli incidenti.

Un apposito capitolo è dedicato agli ultraleggeri (VDS) ed un altro ai campi volo, dedicati alle loro operazioni.

Questa materia è considerata da alcuni nozionistica e pesante e, in effetti, nei corsi di pilotaggio PPL o VDS non è la preferita. La conoscenza delle norme è peraltro indispensabile per il pilota che voglia volare, con professionalità e disinvoltura, negli affollati cieli di oggi.

La stessa affermazione è valida anche per il pilota SAPR.

Air Traffic Control Tower Spata Airport Athens



Riferimenti :

AIP

<http://www.enav.it/portal/page/portal/PortaleENAV/Home/AIP2>

I CAPITOLO - Gli spazi aerei e gli enti ATS

Il territorio nazionale si estende, oltre ai limiti topografici dello Stato (la terraferma), a una striscia di mare adiacente denominata acque territoriali, la cui ampiezza è stabilita in 12 NM dalla linea di costa in bassa marea. La sovranità dello Stato si estende anche al fondo e sottofondo marino e allo spazio aereo sovrastante.

Per razionalizzare il servizio al traffico aereo civile, uno Stato può, a seguito di accordi, assumere la responsabilità di fornire servizi aerei, con standard e procedure eguali a quelli vigenti sul proprio territorio, anche su porzioni di acque extraterritoriali o territori appartenenti a un altro Stato. La parte meridionale del Canton Ticino è inclusa nell'Area di Milano, parte delle acque extraterritoriali del Tirreno, dello Ionio e dell'Adriatico rientrano nelle Regioni di Volo Italiane, mentre Lampedusa è nella Regione di Malta.

La prima suddivisione dello spazio aereo è verticale: spazio aereo inferiore e superiore. Ciò consente di adottare procedure diverse per aerei che volano a livelli diversi, e hanno prestazioni ed esigenze diverse. In Italia e in molti altri Stati Europei la divisione è fissata poco sotto i 6.000 m (19.500 piedi). Tale livello appartiene ancora allo spazio aereo inferiore: lo spazio aereo superiore inizia da 6.100 m (20.000 piedi).

La seconda importante suddivisione, che s'interseca con la prima, è determinata dalla disponibilità del servizio di Controllo del Traffico Aereo (ATC). Gli spazi in cui tale servizio è fornito sono "**Spazi aerei Controllati**"; gli altri sono "**Spazi Aerei Non Controllati**". Nella quasi totalità degli spazi aerei non controllati sono disponibili i **Servizi di Informazione e di Allarme**; questi spazi prendono pertanto anche il nome di "**Spazi aerei Assistiti**".

CLASSIFICAZIONE DEGLI SPAZI AEREI

È adottata in Italia la classificazione ICAO, il cui principio è che per **ogni classe di spazio aereo sono fissate le regole** da osservare e i **servizi disponibili**. Il singolo Stato per ottimizzare l'uso dello spazio aereo può a sua discrezione assegnare ad ogni porzione di spazio la classe più opportuna.

Esistono sette classi, identificate con lettere dalla A alla G, ma in Italia non esistono spazi di classe B e F. Le lettere A, C, D ed E contraddistinguono gli spazi controllati, la lettera G lo spazio non controllato. Sulle carte aeronautiche lungo i confini di uno spazio aereo compare la lettera che ne indica la classe. Di seguito sono descritte le caratteristiche più importanti delle classi Italiane (*le B e F sono omesse; le classi C e D, molto simili, sono descritte assieme*).

Classe A

Riservato ai soli voli IFR (effettuati secondo le regole del volo strumentale), i voli VFR (regole del volo a vista) non sono ammessi. Tutti i voli sono controllati.

Classi C e D

Nella classe C sono ammessi voli VFR e IFR. Il servizio di controllo (ATC) separa i voli IFR tra di loro e con i voli VFR, ma non separa i voli VFR tra loro. Gli aerei devono chiedere l'autorizzazione per entrare, mantenere il continuo contatto radio con l'Ente ATC e conformarsi alle istruzioni ricevute. Per prevenire le collisioni tra voli VFR sono forniti i servizi TFCI (TraFFic Information) e, su richiesta dei piloti, il TFCOA (TraFFic Avoidance Advice).

Nella classe D, molto simile alla C, la separazione è prevista solamente tra i voli IFR. Per operare in questi spazi aerei è richiesto (dal 11-dic-2014) il Piano di Volo.

Classe E

È l'ultimo degli spazi aerei controllati, anche se assomiglia ad uno non controllato. Il controllo è previsto per i soli voli IFR, i traffici VFR possono entrare senza richiedere autorizzazione, per prevenire le collisioni con i voli VFR è fornito il TFCI "nei limiti del possibile".

Classe G

È uno spazio aereo non controllato aperto a VFR e IFR. A tutti è disponibile il servizio informazioni e allarme; i voli VFR non devono chiedere l'autorizzazione all'ingresso né mantenere il contatto radio, che è previsto solo attraversando i confini internazionali.

L'uso del transponder in modalità A+C (riporto di quota) è obbligatorio in tutte le classi di spazio aereo.

REGIONI INFORMAZIONI DI VOLO

Tutto lo spazio aereo inferiore è diviso in Regioni Informazioni di Volo o FIR (Flight Information Region). Gli spazi aerei controllati che si trovano all'interno delle FIR hanno la classe loro assegnata, lo spazio restante, non controllato, ha classificazione G.

L'Ente preposto ad una FIR è il FIC (Flight Information Center) o Centro Informazioni Volo, il cui compito è fornire il servizio Informazioni Volo e il servizio d'Allarme. Il FIC fa anche da tramite ai traffici VFR che chiedano l'autorizzazione per entrare in spazi controllati o per inserimento IFR.

Nella figura 4.2 si vedono le tre FIR in cui è suddiviso lo spazio aereo Italiano: Milano, Roma e Brindisi. Queste includono i mari extraterritoriali e altre zone in cui i servizi ATS sono forniti dall'Italia. Ad ogni FIR corrisponde un FIC; nella FIR di Milano, a causa della densità di traffico, vi sono due FIC: Milano e Padova.

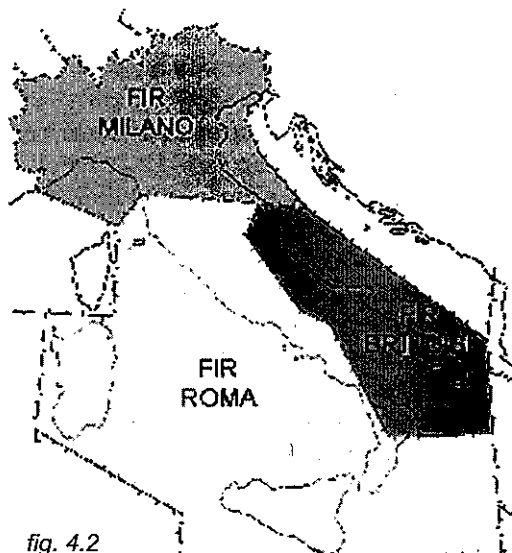


fig. 4.2

SPAZI AEREI CONTROLLATI

La necessità di istituire spazi aerei controllati è correlata al volume e all'omogeneità del traffico. Con l'aumentare del traffico, diviene sempre più improbabile che la discrezionalità del singolo pilota favorisca il fluire veloce e sicuro del traffico nella sua globalità. Si devono creare spazi controllati, in cui decisioni di volo sono demandate a un Ente di Controllo. Questo provvede alla separazione tra gli aerei e coordina il traffico emettendo istruzioni di rotta, quota, velocità, per ottenere un flusso ordinato e veloce, in sicurezza.

Se un aeroporto ha solo traffico VFR, in volume limitato, non c'è necessità di un ente di controllo e, probabilmente, neppure di un addetto a fornire informazioni: i piloti possono notificare la propria presenza e separarsi in modo autonomo. Quando il volume aumenta, diviene necessario un servizio di informazioni di traffico.

Se il traffico aumenta ancora, oppure se al traffico VFR si aggiunge quello IFR, che

ha esigenze e procedure diverse, diviene necessario controllare lo spazio attorno all'aeroporto e tenere separati i due flussi non omogenei. Ciò richiede, oltre al controllo dello spazio attorno all'aeroporto, l'istituzione di uno spazio più ampio a protezione dei traffici IFR in avvicinamento e partenza. Quando il traffico inizia ad addensarsi lungo le rotte di trasferimento, il controllo dev'essere esteso anche al volo in rotta, comportando l'istituzione di aerovie e di aree di controllo.

Gli spazi aerei controllati sono elencati di seguito a partire da quelli aeroportuali.

ZONA DI TRAFFICO AEROPORTUALE ATZ (AERODROME TRAFFIC ZONE)

L'ATZ è uno spazio aereo attorno ad un aeroporto, istituito allo scopo di proteggere il traffico d'aeroporto, costituito dagli aeromobili e veicoli nell'area di manovra, da quelli in volo nel circuito di traffico e da quelli in entrata o in uscita. Una ATZ standard ha forma cilindrica con raggio di ≈ 5 NM (≈ 9 km) e si estende dalla superficie del suolo a 2.000 piedi (600 m). Forma e dimensioni possono variare a causa della morfologia del terreno o per meglio contenere il traffico.

Se l'ATZ è controllata c'è una Torre; l'obiettivo del controllo è prevenire le collisioni tra:

- aeromobili nel circuito di traffico in volo, e in fase di atterraggio e decollo
- aeromobili in movimento e veicoli e ostacoli presenti sull'area di manovra

Sugli aeroporti con maggior traffico, il controllo di aeromobili e veicoli operanti sull'area di manovra è svolto utilizzando frequenze dedicate (Ground Control - Controllo dei movimenti al suolo).

Se il volume di traffico non giustifica una Torre, può esserci un Ente che fornisce il servizio Informazioni Volo di Aeroporto. Questa situazione si incontra in aeroporti piccoli o medi, ad esempio: Albenga, Biella, Cuneo - Levaldigi, ..., Rieti, Siena, Trento, Venezia - Lido, eccetera.

In molti aeroporti minori, peraltro, la scarsità di traffico non ha fatto riconoscere la necessità di istituire una ATZ. Ne sono esempi: Alessandria, Casale, Cremona, ..., Ferrara, ..., Valbrembo, Vercelli, Voghera, e altri.

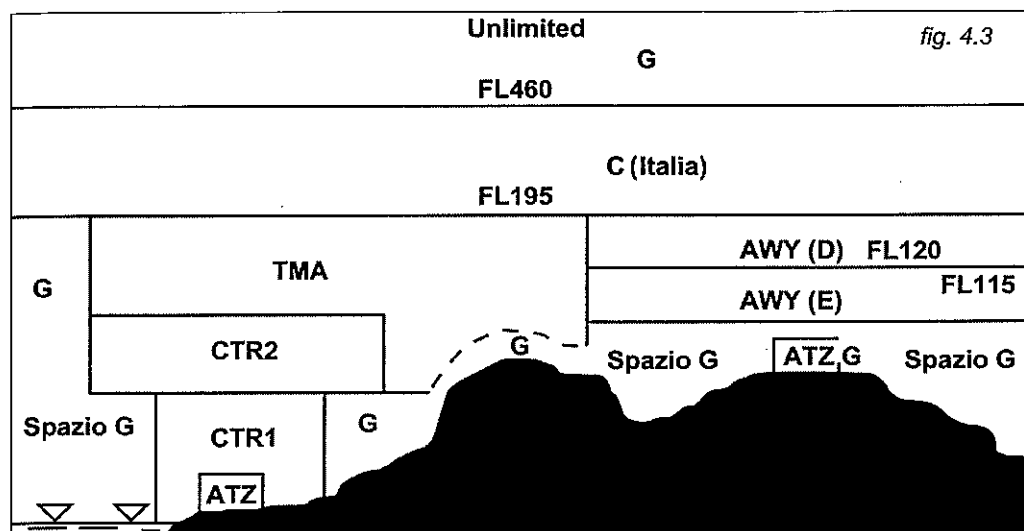
In piccoli aeroporti, con o senza ATZ, l'assistenza è fornita dal gestore dell'aeroporto, in genere è l'Aeroclub. C'è in questo caso una "Biga" a fornire informazioni. Non è garantito che il servizio sia sempre disponibile.

ZONA DI CONTROLLO CTR (CONTROL ZONE)

La zona di controllo ha lo scopo di proteggere il traffico IFR in avvicinamento e in partenza da un aeroporto strumentale. I CTR partono dal terreno ed hanno dimensioni tali da contenere le traiettorie degli aerei nelle procedure strumentali, per questo sono formati da strati sovrapposti che si allargano verso l'alto.

La Classe dei CTR civili è D, in casi particolari è A, come alcune Zone del CTR di Malpensa. I CTR militari sono ugualmente classificati D, ma se si estendono nello spazio aereo superiore sono classificati, al di sopra di FL 195, anche C (come ad esempio Cagliari). Nelle carte sono riportati i punti d'ingresso per i voli VFR e le rotte VFR di avvicinamento e uscita dall'aeroporto.

L'Ente ATS che sovrintende ai CTR è il Centro Controllo di Avvicinamento (APP AP-Proach control).



Nella figura 4.3 si vede un ATZ all'interno di CTR e un altro ATZ in spazio G. Si può notare la struttura a strati del CTR (CTR1 e CTR2) sovrastata dal TMA. Le aerovie di classe D iniziano da FL120. Lo spazio G segue il profilo dei monti, si estende anche sotto il CTR2 e arriva sino a FL195. Sopra lo spazio è di classe C; sopra ancora (ca 15.000 m) è G.

AREA DI CONTROLLO CTA (CONTROL AREA)

Le Aree di Controllo assumono forma diversa secondo la natura del traffico da gestire e la disposizione dei radioaiuti. Se il traffico non deve seguire rotte definite, la CTA è estesa a tutta una zona; se invece è canalizzato lungo rotte preferenziali, la CTA prende la forma di un corridoio o una rete di corridoi chiamati Aerovie (AWY AirWay), circondati da spazio non controllato. Le aerovie sono attestate su radiofari o waypoint e iniziano da una quota minima tale da garantire la separazione dal terreno e la ricezione dei segnali radio.

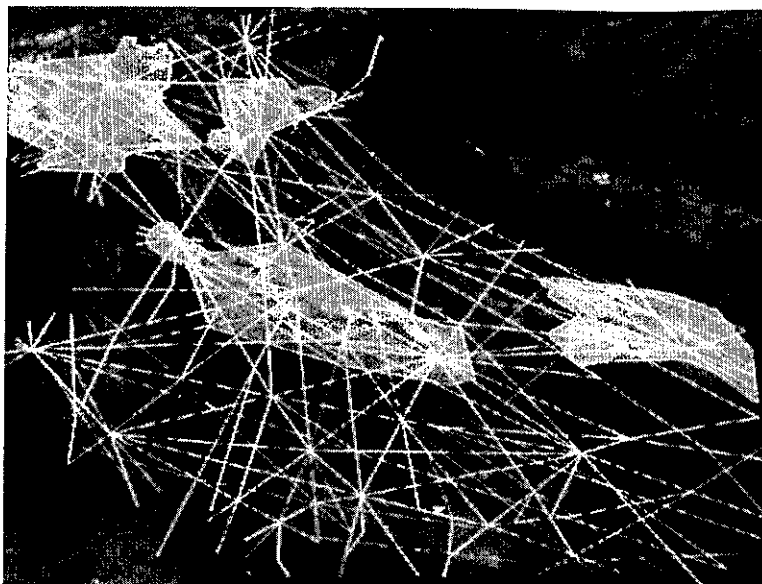
Quando più aerovie convergono su uno o più aeroporti di grande traffico, anche l'area alla convergenza è controllata e prende il nome di Regione Terminale di controllo (TMA Terminal Control Area).

Per entrare nelle TMA i voli VFR devono chiedere l'autorizzazione tramite il FIC.

NOTE OPERATIVE SUGLI SPAZI AEREI CONTROLLATI E NON CONTROLLATI

Negli spazi aerei **non controllati** il pilota VFR sceglie a sua discrezione la rotta e la quota, rispettando le regole generali del volo e le regole VFR. Ha l'obbligo di notificare al FIC la posizione se ha piano di volo, altrimenti, stando alla lettera della normativa, potrebbe anche evitare il contatto radio, purché abbia il transponder in modalità 7000C. Questa facoltà, tenendo presente l'odierna densità di traffico, particolarmente intenso in alcune zone e nei giorni festivi, è improbabile sia utilizzata, se si tiene alla propria sicurezza.

Il pilota deve chiedere e ottenere l'autorizzazione prima di poter entrare negli **spazi aerei controllati**, all'interno dei quali deve mantenere il **continuo contatto radio con l'Ente ATS e attenersi alle procedure e alle istruzioni** che riceve. Ciò al fine di non interferire con i traffici commerciali, che operano secondo le regole del volo strumentale.



Sulla fotografia satellitare 4.4 sono state disegnate le 4 TMA Italiane Milano, Padova, Roma e Brindisi e la rete delle aerovie.

SPAZI AEREI P R D, E ALTRI CON RESTRIZIONI AL VOLO

Ci sono spazi aerei con limitazioni al volo, imposte per ragioni militari, o per proteggere impianti quali centrali elettriche o termiche, raffinerie, ecc. Un altro motivo è tenere lontani gli aerei da zone in cui si svolgono attività pericolose per il volo. Questi spazi sono identificati da una sigla che inizia con la lettera P o R o D, seguita dall'indicatore dello Stato (LI per l'Italia) e da due o più numeri e lettere. Sono i seguenti:

P (Prohibited aerea) Area Proibita

È uno spazio aereo in cui è vietata ogni attività di volo.

R (Restricted aerea) Area Regolamentata

È uno spazio aereo in cui l'attività di volo è soggetta a certe condizioni; ad esempio potrebbe essere vietata solo in alcuni giorni della settimana, o in date ore, eccetera.

D (Dangerous aerea) Area pericolosa

È uno spazio aereo in cui, in periodi specifici, si svolgono attività pericolose al volo. Potrebbero essere, ad esempio, esercitazioni di tiro dei militari.

Aree di cui è vietato il sorvolo: carceri, ecc., sono identificate sulle carte da una croce gialla su sfondo rosso.

Le aeree in cui i velivoli militari svolgono attività addestrativa e operativa, anche a bassa quota: 250÷2.000 piedi (80÷600 m), sono riportate in AIP ENR 5.2.

Ci sono infine spazi riservati all'attività d'addestramento delle scuole di volo e alle esercitazioni acrobatiche, anch'essi segnalati sulle carte aeronautiche.

II CAPITOLO - Aeromobili ed Aeroporti

Si definisce aeromobile una macchina atta a trasportare per aria persone o cose (Codice Navigazione Art. 743). Sono di nazionalità Italiana gli aeromobili iscritti nel Registro Aeronautico Nazionale. Si distingue tra:

- aeromobili di Stato: militari, polizia, e altri servizi dello Stato¹
- aeromobili civili o privati

Gli aeromobili civili sono, **secondo l'impiego**, suddivisi in:

- a. aeromobili per trasporto pubblico
- b. per lavoro aereo
- c. da turismo

Gli aeromobili sono poi classificati sulla base delle caratteristiche tecniche. Una prima suddivisione riguarda le caratteristiche di sostentamento: ala fissa o ala rotante, e quelle di propulsione: elica o motore a getto.

Una suddivisione più specifica è basata sulle caratteristiche generali e di progetto. Appartengono alla stessa classe gli aeromobili che hanno comuni caratteristiche di costruzione e di manovra, ad esempio: monomotori a pistoni terrestri, plurimotori a pistoni terrestri, motoalianti, ecc. Appartengono allo stesso tipo quelli che sono stati costruiti sullo stesso progetto fondamentale, che può aver subito variazioni nel tempo, purché non siano cambiate le caratteristiche di volo e la tecnica di pilotaggio.

Un'ulteriore suddivisione, operativa, prende in esame le condizioni meteorologiche che l'aereo può affrontare, le manovre che può eseguire e i tipi d'impiego.

DOCUMENTI DEGLI AEROMOBILI

Gli aeromobili devono essere dotati dei seguenti documenti in corso di validità:

Certificato di Immatricolazione

Il Certificato d'Immatricolazione (CI) definisce la nazionalità dell'aereo e ne certifica l'iscrizione nel Registro del paese d'immatricolazione, in Italia nel Registro Aeronautico Nazionale. Non ha scadenza e riporta:

- le marche di nazionalità e d'immatricolazione (ad esempio I-ABCD)
- la fotografia dell'aereo di fianco
- il nome e l'indirizzo del proprietario
- l'aeroporto di abituale ricovero, chiamato base d'armamento

Nel CI, a cura del Direttore d'Aeroporto della Circonscrizione in cui l'aereo ha base vengono trascritti i cambi di base, le ipoteche, i passaggi di proprietà, eccetera. Se l'aereo è venduto all'estero, il CI non è più valido e l'aereo dovrà essere registrato nel Registro Aeronautico Nazionale del paese del nuovo proprietario. Le marche saranno cambiate per riportare la nuova nazionalità.

Le marche d'immatricolazione devono essere ben visibili, con caratteri alti almeno 50 cm se sotto l'ala e almeno 30 cm se sulla fusoliera. Devono essere sui due lati della

1. Sono considerati di Stato anche gli aeromobili civili temporaneamente impiegati per servizio di Stato.

fusoliera o sull'impennaggio di coda, oppure sulla superficie inferiore dell'ala sinistra. Le marche devono anche essere riportate sulla targa d'identificazione, di metallo o materiale ignifugo, targa che dev'essere attaccata alla struttura, in posizione ben visibile, vicino alla porta d'ingresso principale.

A.R.C./A.C. - Certificato di Navigabilità

Il mantenimento di un aeromobile in condizioni di navigare ("airworth") è affidata ad organizzazioni approvate EASA chiamate CAMO (Continuing Airworthiness Management Organization), che rilasciano l'attestazione della "airworthiness" di un aeromobile con un documento chiamato A.R.C./A.C. Per gli aeromobili con data di costruzione anteriore al 1975 l'idoneità a navigare e agli impieghi specificati è attestata dal Certificato di Navigabilità (CN). Sia il CN sia l'ARC devono essere rinnovati ogni anno e riportano: le caratteristiche essenziali della cellula e dell'apparato motopropulsore, i valori ammessi per peso e bilanciamento, le caratteristiche tecniche e operative, e altre informazioni.

Manuale di volo

Nel manuale di volo si trovano tutte le informazioni necessarie per l'utilizzo dell'aereo. È pubblicato dal costruttore, può essere in lingua originale e diviene parte integrante del CN o dello AC. Contiene i seguenti capitoli:

- descrizione e impiego dell'aeromobile
- limitazioni
- procedure normali
- procedure d'emergenza
- prestazioni
- pesi e bilanciamento
- manutenzione
- impianti e dispositivi opzionali

Certificato acustico

Il certificato acustico è un documento obbligatorio per gli aerei costruiti dopo il 1986, è rilasciato dall'ENAC e attesta che il rumore prodotto dal velivolo rientra nei limiti previsti dal regolamento tecnico.

Licenza per la stazione radio

La licenza per stazione radio autorizza le comunicazioni radio nell'ambito del servizio mobile aeronautico. Rilasciata dal Ministero delle Telecomunicazioni, ha validità di dieci anni, e viene rinnovata dall'ENAC a seguito di verifica con esito favorevole. Per utilizzare la radio il pilota deve avere l'abilitazione alla radiotelefonica.

Nota di Assicurazione

La nota d'assicurazione è un estratto della polizza. Attesta che l'aereo è coperto da assicurazione, sottoscritta con compagnia autorizzata, per responsabilità civile per danni a terzi in superficie, con massimali almeno eguali ai minimi di legge. Oltre alla copertura per danni in superficie, è obbligatoria l'assicurazione per i passeggeri trasportati. Il relativo obbligo incombe sugli esercenti di linee aeree o imprese di trasporto aereo, sui responsabili delle imprese di lavoro aereo, sui titolari di scuole di pilotaggio. Ha di solito validità annuale o anche semestrale.

Come prescritto dalla Circolare ENAC EAL-17A 21.12.2011 - Attuazione del Regola-

mento Europeo 785/2004, il massimale per danni in superficie per aerei con peso massimo al decollo (MTOM) compreso tra 1,0 e 2,7 tonnellate, dev'essere almeno 3,0 milioni SDR o 1,5 milioni SDR se il peso è inferiore a 1.000 kg².

Giornale di bordo

La tenuta del giornale di bordo è obbligatoria (Art. 771 Codice della Navigazione) per gli aerei addetti a trasporto pubblico, di passeggeri o merce, **non per aerei da turismo o scuola**. Nel giornale il comandante deve annotare ogni accadimento significativo avvenuto durante il volo: gli atti di stato civile (matrimonio in imminente pericolo di vita, nascite, morti), i testamenti, la scomparsa da bordo di persone e altri eventi eccezionali (Art. 772 e 835 CdN).

Quaderno tecnico di bordo

Il Quaderno Tecnico di Bordo (QTB) è il documento su cui i piloti annotano ogni evento tecnico che riguarda l'aereo: orari di decollo e atterraggio, inconvenienti, malfunzionamenti e avarie che si sono verificate, affinché i tecnici di manutenzione possano intervenire. Il pilota deve indicare i problemi riscontrati, le condizioni in cui si sono verificati, la data e l'orometro del motore. I tecnici di manutenzione, presane visione, fanno le necessarie riparazioni che sono poi specificate sul quaderno e attestate dalla firma del tecnico responsabile. Il pilota, durante i controlli pre-volo, accertatosi che tutto sia in regola, appone una firma di accettazione. Le operazioni di rifornimento e le quantità di carburante imbarcato sono anch'esse segnate sul QTB, che costituisce anche la storia delle anomalie dell'aereo. Il QTB è previsto per i velivoli di scuole e/o aeroclub, **non per i velivoli privati**.

Documenti di manutenzione

Al contrario di quanto previsto per gli altri documenti, quelli di manutenzione non devono mai stare a bordo dell'aereo, ad evitare il rischio di perdita in caso d'incidente. Su questi documenti sono registrati gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, interventi che possono essere eseguiti solo da officine e tecnici certificati. Il pilota può solo fare i controlli pre-volo elencati nella check list e, se abilitato, l'ispezione giornaliera.

Documenti pilota e Visita medica

Il pilota deve avere con sé i seguenti documenti, in corso di validità, da esibire a richiesta di un rappresentante dell'Autorità Aeronautica:

- **Licenza di pilotaggio**
con Abilitazione per la classe o il tipo
- **Libretto di volo**
- **Documento d'identità**
- **Visita medica**

2. SDR *Special Drawing Rights* (Diritti Speciali di Prelievo DSP) è la valuta di conto creata dal Fondo Monetario Internazionale nel '69, il cui valore è ricavato da un paniere. Scopo degli SDR era rimpiazzare l'oro nelle transazioni internazionali: per questo sono definiti anche *paper gold*. Le valute che costituiscono il paniere sono: dollaro statunitense, euro, sterlina britannica e yen giapponese. Il valore approssimativo di 1 euro è 0,76 SDR.

Il Pilota Privato deve avere un certificato medico di 2ª in corso di validità (quello di 1ª classe è richiesto per le licenze professionali). Per ottenerlo si può rivolgere ai Centri Aeromedici o AMC oppure agli Esaminatori Medici Autorizzati o AME. L'esito favorevole della visita medica è attestato con un certificato che ha una data di scadenza e che il pilota deve tenere assieme alla licenza. La validità di un certificato medico di 2ª classe è:

- 60 mesi sino a 40 anni d'età non compiuti, ma, se rilasciato prima dei 40 anni, vale non oltre i 42
- 24 mesi sino a 50 anni non compiuti, ma, se rilasciato prima dei 50 anni, vale non oltre i 51
- 12 mesi dopo i 50 anni

AEROPORTI

L'aeroporto, secondo la più recente ed estensiva definizione del Regolamento UE 26/09/2012 è: "area delimitata su terra o acqua (comprendente gli edifici, le installazioni e gli impianti) o su una struttura fissa, offshore fissa o galleggiante, destinata in tutto o in parte all'arrivo, alla partenza e al movimento di superficie di aeromobili". In tale definizione rientrano anche i campi di volo.

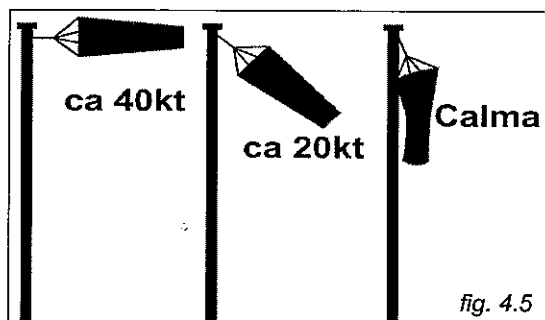
Gli aeroporti si suddividono in:

- **Statali**
 - Militari
 - Militari aperti al traffico civile
 - Civili (la cui gestione è curata da ENAC)
- **Privati**
 - Aperti al traffico
 - Non aperti al traffico

Secondo l'importanza dell'aeroporto e i servizi necessari, può essere presente o meno, un Ente ATS. Se c'è un Ente ATS, e fornisce anche il servizio di controllo (ATC), l'aeroporto è **controllato** e il nominativo di chiamata radio è "xxxxx Torre"; se l'Ente ATS fornisce solo i servizi d'informazioni (AFIS) e d'allarme (Alert) è **non controllato** e il nominativo di chiamata è "yyyyy Informazioni".

Nella maggior parte dei piccoli aeroporti, gestiti dal locale aeroclub, non c'è alcun Ente ATS. Le comunicazioni radio sono tenute, spesso in modo saltuario, da una **Biga** e il nominativo di chiamata è "zzzzz Radio". L'aeroporto è **non controllato**: non può essere fornito nessuno dei servizi ATS, ma vengono date informazioni.

Nelle aree circostanti gli aeroporti esistono vincoli, chiamati servitù aeronautiche, imposte al fine di permettere lo svolgimento in sicurezza delle operazioni di volo. Sono vietate le costruzioni e ogni altra opera che interferisca con i sentieri di avvicinamento e partenza, o possa disturbare la propagazione dei segnali delle radioassistenze.



La manica a vento (fig. 4.5) è presente su tutti gli aeroporti. Sono indicate le velocità corrispondenti a varie inclinazioni.

La **tabella 4.6** riassume i possibili casi:

	Servizi	Controllo	Chiamata
Ente ATS	ATC Servizio di controllo	Aeroporto controllato	Torre
	AFIS Informazioni e Allarme	A. non controllato	Informazioni
Biga	Informazioni	A. non controllato	Radio

AVIOSUPERFICI

“Si chiama aviosuperficie un’area idonea alla partenza e all’approdo di aeromobili, che non appartenga al demanio aeronautico ... e su cui non insista un aeroporto privato.” secondo la definizione dell’Art.1 del **Decreto Ministeriale 8 Agosto 2003** la legge che ne ha liberalizzato l’uso, oltre che per attività non remunerate anche per **trasporto pubblico, scuola e lavoro aereo**. In Italia ci sono almeno 400 tra aviosuperfici ed eliosuperfici.

L’aviosuperficie è gestita da persone fisiche o giuridiche, le quali sono responsabili della sua rispondenza ai requisiti previsti, dell’agibilità in condizioni di sicurezza anche in relazione agli ostacoli presenti lungo le traiettorie di decollo e atterraggio, e dell’efficienza delle attrezzature tecniche e operative installate.

L’uso di un’aviosuperficie è subordinato al **consenso del gestore**, che è tenuto a fornire agli utenti tutte le informazioni necessarie per la buona esecuzione dell’attività, ed è limitato ai voli intracomunitari.

Il pilota oltre a richiedere il consenso comunica al gestore i dati del volo che devono essere conservati per almeno cinque anni e a richiesta resi disponibili alle autorità di PS e all’ENAC.

Le aviosuperfici possono essere o no dotate di segnaletica che ne indichi dimensioni, mostri direzione e intensità del vento, eccetera. Le operazioni su aviosuperfici devono esser fatte **di giorno** e in condizioni meteo almeno **VMC**. Avvengono sotto la responsabilità del pilota, che oltre a rispettare le regole del volo e eventuali prescrizioni, deve valutare le prestazioni dell’aereo rispetto all’aviosuperficie. Prima di iniziare un volo di trasferimento a un’aviosuperficie, il pilota deve accertarsi della sua agibilità e richiedere il consenso del gestore o proprietario.

CAMPI VOLO

Si definisce campo volo una **qualsiasi area idonea alle operazioni degli ultraleggeri**. Qualora sul campo volo intenda operare una scuola di volo ultraleggeri, il campo deve rispondere ai requisiti del regolamento tecnico dell’AeCI. Altrimenti è sufficiente che il campo sia ritenuto idoneo (*al limite un privato potrebbe ritenere idoneo un campo di soli 200 m*) e non c’è obbligo di attrezzature apposite.

Dal punto di vista pratico non ci sono differenze con le aviosuperfici. In ambedue i casi la normativa specifica che le operazioni sono a discrezione del pilota. Anche per l’uso del campo è previsto il consenso del proprietario e/o del gestore. È opportuna la verifica della compatibilità con le prestazioni del proprio ultraleggero.

III CAPITOLO - Regole dell'aria

Le regole dell'aria si dividono in tre grandi sezioni:

- **Regole generali**
- **Regole del Volo a vista o VFR** (Visual Flight Rules)
- **Regole del Volo strumentale o IFR** (Instrument Flight Rules)

Le regole generali si applicano a tutte le fasi del volo, a partire dal rullaggio. In aggiunta alle regole generali si applicano o le regole VFR oppure le regole IFR. È possibile volare con le **regole VFR** solo se esistono **condizioni meteorologiche VMC** (Visual Meteorological Conditions – Condizioni Meteorologiche di volo a Vista), altrimenti si può volare solo con le regole IFR. Si può, invece, volare con le regole IFR anche quando le condizioni sono VMC.

Il pilota in comando è responsabile della sicurezza del volo, deve osservare le regole e risponde in caso d'infrazione. Ha la discrezionalità di derogare a regole e norme, qualora la sicurezza lo richieda.

REGOLE GENERALI

Il pilota deve avere ed esaminare tutte le informazioni necessarie per il volo; tra queste le caratteristiche degli spazi aerei lungo la rotta e degli aeroporti, inclusi gli alternati, e le condizioni meteorologiche. È tenuto ad assicurarsi dell'operatività del mezzo e d'avere imbarcato la necessaria provvista di carburante.

Non si può pilotare un aeromobile sotto l'influenza di bevande alcoliche, droghe, medicinali o sostanze intossicanti.

Un aeromobile non dev'essere impiegato con negligenza o incuria, per non danneggiare la vita e i beni altrui.

Lancio di oggetti e nebulizzazione di sostanze, traino di altri aeromobili e oggetti, lanci con paracadute, voli acrobatici sono consentiti solo in conformità alle disposizioni rilasciate dalle competenti autorità e, se del caso, devono essere autorizzati dall'appropriato Ente ATC.

Voli in formazione sono consentiti solo previo accordo tra i piloti e, negli spazi aerei controllati, in conformità alle disposizioni stabilite dalla competente autorità.

ALTEZZE MINIME DI VOLO

Tranne che in fase di atterraggio o di decollo, l'altezza di volo non dev'essere inferiore a quelle sotto specificate.

- Sorvolando zone abitate o assembramenti di persone, l'altezza dev'essere tale da consentire, in caso d'emergenza, di planare fuori dell'abitato e di atterrare senza causare danni a persone o cose. In particolare per il volo VFR:

- Su zone abitate o assembramenti di persone, l'altezza non dev'essere inferiore a 300 m (1000 ft) sopra l'ostacolo più alto che si trovi in un raggio di 600 m attorno alla posizione dell'aeromobile.

- Il sorvolo delle zone disabitate e dell'acqua deve avvenire a un'altezza non inferiore a 150 m (500 ft).

* Nel periodo 1° giugno - 30 settembre è vietato il sorvolo delle spiagge ad altezza inferiore a

300 m per un tratto di 100 m dalla linea di costa anche agli apparecchi per il Volo da Diporto e Sportivo (VDS).

NORME PER LA PREVENZIONE DELLE COLLISIONI

È responsabilità del pilota mantenere un'attenta osservazione verso l'esterno, al fine di avvistare per tempo altri traffici che possano costituire pericolo di collisione. Guardare fuori è indispensabile volando in VFR, le cui regole si possono riassumere nell'espressione: **"See and be seen", "Vedi e fatti vedere"**.

In condizioni VMC il pilota di un volo, sia VFR sia IFR, anche se sotto controllo ATC, deve mantenere la continua osservazione dell'ambiente esterno al fine di avvistare traffici non controllati che potrebbero essere entrati per errore, o trovarvisi legittimamente. Negli spazi non controllati l'osservazione dell'esterno è tanto più necessaria.

Nessun aeromobile dev'essere operato in vicinanza di un altro, tanto da creare rischio di collisione.

La precedenza tra aeromobili rispetta il principio di **agevolare quello che ha minor facilità a manovrare**. Pertanto gli aeromobili muniti di motopropulsore devono dare la precedenza a quelli che ne sono privi e a quelli che stanno trainando altri aeromobili o oggetti; gli aeromobili in volo a quelli in fase di atterraggio o di decollo; se più aeromobili si avvicinano contemporaneamente all'atterraggio la precedenza spetta a quello che è a quota inferiore; gli aeromobili al suolo devono dare la precedenza a quelli in atterraggio.

L'aereo che ha la precedenza deve mantenere inalterata prua quota e velocità, ma ciò non lo esonera dal compiere qualunque azione sia necessaria per evitare la collisione. L'aereo non in precedenza deve evitare di passare sopra sotto o davanti all'aereo in precedenza, se non a debita distanza.

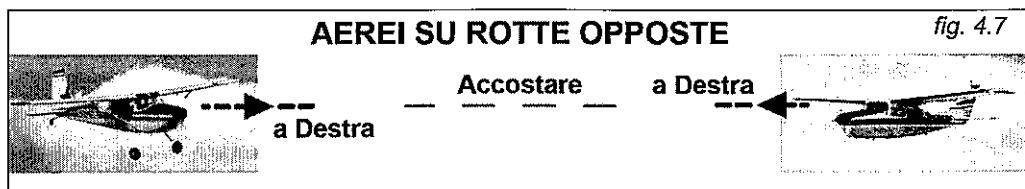
Quando due aerei si avvicinano **lungo rotte convergenti**, l'aereo che vede l'altro alla propria destra deve dare la precedenza, con le eccezioni di dirigibili, palloni e alianti che hanno la precedenza per la minore manovrabilità. L'ordine generale di precedenza è: palloni, alianti, dirigibili, aerei con traino, aerei.

Ciò significa che:

1. gli aerei devono dare precedenza ad altri aerei, se impegnati in operazioni di traino
2. gli aerei devono dare precedenza ai dirigibili, agli alianti e ai palloni
3. i dirigibili devono dare precedenza agli alianti e ai palloni
4. gli alianti devono dare precedenza ai palloni

Quando due aerei si avvicinano **lungo rotte opposte**, ognuno dei due deve accostare a destra. Questo consente di tener meglio in vista l'altro aereo, poiché il pilota siede normalmente a sinistra. La regola vale anche per i movimenti al suolo. La **figura 4.7** mostra il lato di accostata.

Un aereo si trova in manovra di sorpasso quando si avvicina a un altro da dietro entro



un arco di $\pm 70^\circ$ a destra o sinistra rispetto all'asse longitudinale, vale a dire in una posizione tale che non può vederne le luci laterali. L'aereo sorpassato ha la precedenza, ma conserva la responsabilità di intraprendere ogni azione necessaria a evitare la collisione. L'aereo che esegue il sorpasso, sia in volo livellato, in salita o in discesa, deve uscire dalla traiettoria del sorpassato **spostandosi a destra**, e non dovrà passare sopra, sotto, o davanti all'aereo sorpassato se non a debita distanza. Il sorpasso a destra consente al pilota di mantenere in vista l'aereo sorpassato.

Gli aerei in fase d'avvicinamento **finale e d'atterraggio hanno la precedenza** su altri aerei in volo e su quelli a terra. Un altro aereo si deve mantenere a distanza tale da non intralciarne le manovre o creare pericolo di collisione. Se due o più aerei si avvicinano ad un aeroporto per l'atterraggio, quello che è a quota inferiore ha la precedenza perché, essendo più vicino al suolo, ha minori possibilità di manovrare. Ciò non autorizza l'aereo a quota inferiore a tagliare la strada ad uno a quota più alta che sia nelle fasi finali dell'avvicinamento.

Tra due aerei che rullano sull'area di manovra si applicano le seguenti regole:

- se l'avvicinamento è frontale, ambedue devono fermarsi e, se possibile, proseguire accostando a destra così da mantenersi ben separati;
- se sono su percorsi convergenti, quello che ha l'altro sulla destra deve dare la precedenza;
- un aereo che sta per essere sorpassato mantiene il diritto di precedenza.

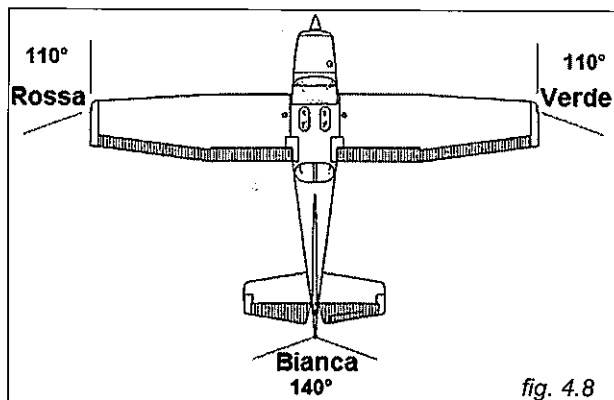
Un aereo in decollo non deve iniziare la manovra sin tanto che esistano rischi di collisione.

IMPIEGO DELLE LUCI DEGLI AEREI

Le luci anticollisione (anticollision beacon), installate solitamente sulla sommità della deriva o sul dorso e talora anche sotto il ventre, sono in genere di colore rosso o bianco, rotanti o lampeggianti.

Devono essere accese prima dell'avviamento dei motori e mantenute accese sin tanto che i motori sono in funzione. Le luci anticollisione sono talora supplementate da luci stroboscopiche (strobe light), di solito bianche, installate in punta d'ala, di grande visibilità. Tenerle accese, assieme al faro anticollisione, aumenta la cospicuità dell'aereo. Le luci di navigazione devono essere mantenute accese dopo il tramonto e sino al sorgere del sole, da tutti gli aerei in volo o in movimento sull'area di manovra. Possono essere accese anche durante il giorno, in condizioni di scarsa visibilità, per rendere più visibile il proprio aereo.

La **figura 4.8** mostra la disposizione delle luci di navigazione: verde sull'ala destra e rossa sulla sinistra, visibili per un angolo di 110° . La luce bianca in coda è visibile su un arco di 140° , in modo da coprire tutto l'orizzonte dei 360° .



Le luci di atterraggio e rullaggio, oltre ad illuminare pista e vie di rullaggio nelle operazioni notturne, hanno la funzione di rendere più visibile l'aereo agli altri traffici e ai controllori. In aeroporti affollati possono essere utilizzate per segnalare i movimenti al suolo: quando sono accese indicano che l'aereo sta per iniziare il rullaggio e/o che sta rullando, spente confermano che l'aereo rimarrà fermo.

Dovrebbero, in ogni caso, essere accese prima del decollo e sino a quando non si è lasciato il circuito. Dovrebbero venire accese anche in avvicinamento ad un aeroporto. In crociera, se vi è un traffico in direzione opposta o convergente, è bene accenderle affinché l'aereo sia più visibile.

I seguenti segnali indicano un grave e imminente pericolo:

- il segnale **S O S** (... - - - ...) trasmesso in radiotelegrafia o con qualunque altro mezzo

- il segnale **MAYDAY** trasmesso in radiotelefonìa
- razzi rossi lanciati uno alla volta a brevi intervalli
- un razzo a luce rossa paracadutato

Indicano che un aereo si trova in difficoltà tali da costringerlo ad atterrare, senza richiedere assistenza immediata: il lampeggio ripetuto delle luci d'atterraggio o quello delle luci di navigazione, in modo da non essere confuso con la normale intermittenza.

REGOLE VFR

Il volo VFR in Italia è possibile sino FL195 (19.500 ft). Per volare con le regole VFR (Visual Flight Rules) è indispensabile vedere l'ambiente circostante e gli altri traffici, in modo da evitare le collisioni. I valori minimi di visibilità e distanza dalle nubi sono specificati dall'ICAO e prendono il nome di **minime VMC**.

Condizioni VMC

Le condizioni minime VMC per il volo VFR diurno, che è consentito dall'inizio del crepuscolo mattutino civile alla fine del crepuscolo serale civile, secondo le effemeridi¹ della località considerata, sono riportate nella **tabella 4.9**. Se queste condizioni non ci sono, il VFR non è consentito: per volare bisogna seguire le regole IFR.

La distanza dalle nubi è **1.500 m orizzontali e 300 m (1.000 ft) verticali**; la visibilità minima è **5 km** sino a FL100 escluso (10.000 ft) e la velocità massima 250 kt; e sopra FL100 la visibilità minima aumenta a 8 km, la velocità deve rimanere sotto il regime tran/supersonico. Il contatto visivo col suolo non è condizione indispensabile se non per il volo con visibilità ridotta ad 1,5 km. Il volo VFR sopra le nubi è chiamato: "VFR on top".

Sino all'altitudine di 3.000 ft o all'altezza di 1.000, quale delle due è maggiore, è consentito volare con visibilità minima di 1,5 km e fuori dalle nubi purché in contatto visivo col suolo e con velocità sino a 140 kt. La visibilità in volo e l'altezza, che sale e scende col terreno, sono stimate dal pilota.

La visibilità al suolo, come l'altezza delle nubi, può essere ricavata dalle osservazioni

1. Le effemeridi, che danno gli orari di alba e tramonto e dei crepuscoli, variano nel corso dell'anno e con la latitudine della località. La durata media del crepuscolo alle nostre latitudini è 30 minuti.

Condizioni minime meteorologiche (VMC) per il volo a vista (VFR) diurno

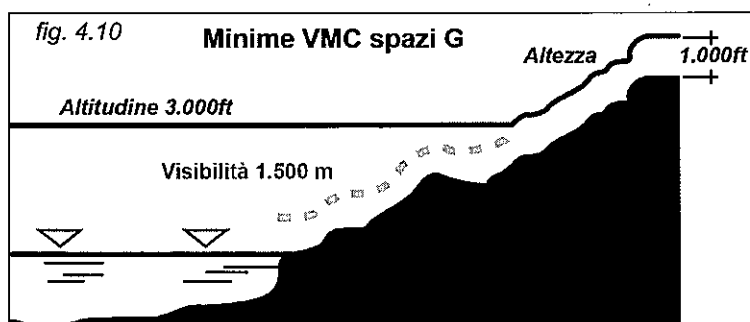
Spazio aereo	Visibilità orizzontale		Distanza dalle nubi
B C D E F G	$\geq \text{FL100}$ $< \text{FL100}$	$\frac{8 \text{ km}}{5 \text{ km}}$	1,5 km orizzontale 1.000 ft verticale, sopra e sotto
F G	altitudine $\leq 3000 \text{ ft}$ altezza $\leq 1000 \text{ ft}$ quale è maggiore	1,5 km purché KIAS $\leq 140 \text{ kt}$ e contatto visivo col suolo	fuori dalle nubi

Tabella 4.9

meteorologiche. In mancanza, è accettabile la stima fatta da un osservatore qualificato, qual è il pilota stesso.

In volo è il **pilota che deve valutare visibilità e distanza dalle nubi**, e la stima sarà tanto più accurata quanto maggiore è l'esperienza. Occorre distinguere tra visibilità "orizzontale", "obliqua" e "verticale". La visibilità obliqua è la distanza massima a cui il pilota riesce a distinguere i particolari del terreno guardando in avanti verso il basso, quella verticale guardando verticalmente verso il terreno. Tra visibilità orizzontale ed obliqua può esserci una forte differenza se c'è uno strato di foschia o di caligine, come talora si trova in pianura.

La **figura 4.10** mostra le minime VMC nelle condizioni esposte nella riga inferiore della **tabella 4.9**.



Nella **figura 4.10** si vedono le due superfici: l'altitudine di 3.000 ft e l'altezza di 1.000 ft che segue l'orografia. È da notare che, a 100 kt (180 km/h), 1.500 m sono percorsi in 30 secondi. Questo è il tempo disponibile per vedere ed evitare gli ostacoli e gli altri traffici. Si può dire che il pilota "vede in avanti per 30 secondi". Se due aerei sono in rotta opposta, la velocità relativa raddoppia ed il tempo si dimezza.

IV CAPITOLO - Servizi di Assistenza al volo

Per rispondere alle esigenze del traffico aereo, sono disponibili i seguenti servizi:

- Servizio di Informazioni Aeronautiche
- Carte Aeronautiche
- Servizi del Traffico Aereo
- Servizi di Comunicazioni
- Servizi Meteorologici
- Servizio Allarme

SERVIZIO DI INFORMAZIONI AERONAUTICHE

Il Servizio di Informazioni Aeronautiche AIS (Aeronautical Information System) è svolto mediante la diffusione di vari documenti tra i quali i più importanti per il pilota sono:

- AIP (Aeronautical Information Publication)
- Notam (NOTices To AirMan) e PIB (Preflight Information Bulletin)

AIP (Aeronautical Information Publication)

L'AIP è il documento base che contiene notizie permanenti, o durature, essenziali per la navigazione aerea. Ha lo scopo di comunicare l'organizzazione dei servizi di assistenza al volo, le regole dell'aria e altre informazioni necessarie alle operazioni. È edito nella lingua del Paese e in inglese, ed è aggiornato periodicamente. L'AIP Italia è articolato in tre sezioni: GEN (GENeral), ENR (EN Route), AD (AirDromes) secondo le guide ICAO.

L'AIP è consultabile presso gli ARO. È anche accessibile in internet sul sito ENAV, previa registrazione gratuita.

NOTAM (NOTices To AirMen)

I Notam sono avvisi sullo stato di funzionamento e le modifiche apportate ad aeroporti, ostacoli, radio-aiuti, servizi, procedure e attività attinenti la navigazione aerea, quando la loro conoscenza tempestiva è essenziale per il personale addetto alle operazioni di volo. Sono emessi quando le notizie hanno natura temporanea e non sarebbero disponibili con sufficiente rapidità tramite un aggiornamento dell'AIP e sono distribuiti sulla rete di telecomunicazioni aeronautiche. Il prefisso "LI" identifica il paese (Italia), sono poi contraddistinti dalla lettera che identifica la serie ("A", "W", ecc.) e dalla numerazione progressiva nell'anno, all'interno della serie; ad esempio: LI/A8069/13, LI/W3657/13, etc. La lista dei Notam in vigore è emessa all'inizio del mese.

Le serie A), B) e C) sono relative ai voli internazionali a lungo e medio/corto raggio e a quelli nazionali, la serie W) Warning contiene avvisi per la navigazione aerea.

Sono denominati "Snowtam" i Notam relativi alla presenza di neve, fanghiglia, ghiaccio o acqua stagnante sull'area di movimento.

CARTE AERONAUTICHE

Le carte aeronautiche ufficiali dello Stato per la rappresentazione dello Spazio Aereo Nazionale sono prodotte dal C.I.G.A. (Centro Informazioni Geotopografiche Aeronautiche), Ente dell'Aeronautica Militare e Organo Cartografico dello Stato. La Carta Aeronautica d'Italia ICAO del CIGA è destinata principalmente all'utenza civile per la navigazione VFR. È in scala 1:500.000 su 10 fogli, con altimetria espressa in piedi. L'aggiornamento della geografia è eseguito quando necessario. L'aggiornamento dei dati aeronautici è fatto ogni anno mediante ri-edizione completa dei fogli. È resa disponibile anche la cartografia aeroportuale. Sono molto diffuse le carte della Jeppesen, oggi disponibili solo in formato elettronico; la simbologia è leggermente diversa dalle ICAO.

SERVIZI DEL TRAFFICO AEREO

I servizi del Traffico Aereo, raggruppati sotto la sigla ATS (Air Traffic Services), comprendono:

1. Il servizio di Controllo del Traffico Aereo **ATC** (Air Traffic Control)
2. Il servizio Informazioni di Volo **FIS** (Flight Information Service)
3. Il servizio Informazioni Volo Aeroportuale **AFIS** (Aerodrome Flight Information Service)
4. Il Servizio di Allarme **Alerting Service (ALRS)**

Gli obiettivi che i servizi ATS devono perseguire sono descritti nell'Annesso 11 ICAO, e sono:

- a) prevenire le collisioni tra aeromobili
- b) prevenire le collisioni tra aeromobili e ostacoli sull'area di manovra
- c) accelerare e facilitare il flusso del traffico aereo
- d) fornire suggerimenti e informazioni utili alla sicura ed efficiente condotta dei voli
- e) mettere in allarme gli organismi competenti quando è necessaria l'assistenza degli organi del Servizio di Ricerca e Soccorso, e prestare loro la collaborazione necessaria

Servizio di Controllo del Traffico Aereo

Il Servizio di Controllo del traffico aereo ha il compito di perseguire gli obiettivi: a), b), c) all'interno di spazi, detti, appunto per questo, controllati. È fornito a tutti gli aerei che volano all'interno di spazi aerei controllati secondo le regole strumentali (IFR) e a quelli che, pur operando secondo le regole del volo a vista (VFR), hanno ottenuto l'autorizzazione a entrare in uno spazio aereo controllato di classe C o D, oppure operano in VFR Speciale.

L'obiettivo primario è prevenire le collisioni tra aeromobili in volo. Rimane responsabilità del pilota evitare collisioni con l'orografia e con gli ostacoli costruiti dall'uomo: ciminiere, trasmettitori radio, ecc. Quando esistono condizioni meteorologiche VMC, la responsabilità d'evitare le collisioni tra aerei che usufruiscono del servizio di controllo e altri che non ne usufruiscono, ricade sui piloti, anche se stanno volando secondo le regole IFR.

Per evitare le collisioni in volo si possono assegnare agli aerei quote diverse (separazione verticale), distanziare gli aerei che sono alla stessa quota (separazione orizzontale), o una combinazione delle due (separazione mista).

Gli enti ATC forniscono il servizio di controllo tramite **autorizzazioni di traffico** cui il pilota deve attenersi rigorosamente. Un'autorizzazione, o istruzione, contiene i seguenti elementi:

- il nominativo dell'aereo cui è diretta
- il limite dell'autorizzazione stessa
- la rotta
- la quota
- quant'altro necessario

La rilettura da parte del pilota conferma la corretta ricezione e implica che l'istruzione sarà eseguita. Qualora ciò non fosse possibile, perché incompatibile con le prestazioni dell'aereo, per le condizioni meteorologiche o per altri motivi, il pilota può chiedere un'autorizzazione emendata, specificandone la ragione.

Il servizio di controllo si suddivide, secondo lo spazio in cui è fornito, in: controllo d'area (ACC), controllo di avvicinamento (APP), controllo di aeroporto (TWR).

Servizio Informazioni di Volo

Il Servizio Informazioni di Volo ha lo scopo di perseguire gli obiettivi d) ed e). È fornito agli aeromobili che già usufruiscono del servizio ATC e a tutti quelli in contatto radio. Tra le informazioni vi sono:

- altri traffici che interessano la rotta percorsa, per quanto l'Ente ne è a conoscenza
- condizioni meteorologiche sugli aeroporti
- fenomeni meteorologici pericolosi, specificatamente per voli VFR
- efficienza delle radioassistenze alla navigazione
- condizioni e praticabilità degli aeroporti
- ogni altra informazione riguardante la sicurezza del volo

I piloti che usufruiscono del Servizio Informazioni, **conservano la piena responsabilità e l'onere delle decisioni** nella condotta del proprio aereo. È **responsabilità del pilota prevenire ed evitare le collisioni** con gli altri aeromobili e con gli ostacoli. Le informazioni, anche se relative al traffico, non comportano assunzione di responsabilità al Servizio. Il Servizio persegue anche l'obiettivo e): **"mettere in allarme gli organismi competenti quando è necessaria l'assistenza degli organi del Servizio di Ricerca e Soccorso, e prestare loro la collaborazione necessaria"**.

ARO

Gli ARO (Air traffic services Reporting Office) ricevono i piani di volo e forniscono informazioni aeronautiche.

Prima dislocati presso i principali aeroporti, i servizi relativi sono stati accentrati in uffici che servono più aeroporti. Il pilota può contattare telefonicamente l'ARO.

Servizio Informazioni Volo Aeroportuale

Questo servizio è presente all'interno di Aeroporti non controllati e persegue gli obiettivi d) ed e). Le informazioni, anche se relative al traffico, non comportano trasferimento di responsabilità dal pilota al Servizio.

Servizio di Allarme

Il Servizio di Allarme ha lo scopo di perseguire l'obiettivo e). È fornito agli aeromobili sotto controllo ATC, e, per quanto possibile, a tutti gli altri aeromobili che hanno compilato un piano di volo o che sono altrimenti noti ai servizi del traffico aereo.

Gli enti ATS mettono in allarme il centro coordinamento del soccorso RCC (Rescue Coordination Center), che attiva i centri responsabili del SAR (Search And Rescue) nelle regioni di competenza.

L'allarme passa attraverso tre fasi successive. La prima fase: "fase d'incertezza" inizia entro 30 minuti dal momento in cui un aeromobile non ha fatto un rapporto di posizione atteso. Vengono compiute indagini e tentativi di collegarsi con l'aeromobile. Nella seconda fase l'organizzazione di soccorso viene messa in allarme e all'attivazione della terza partono i soccorsi.

SERVIZI DI COMUNICAZIONI

Questi servizi assicurano la trasmissione di messaggi, immagini, segnali, eccetera, e sono i seguenti.

Servizio Mobile Aeronautico

Assicura le comunicazioni radio tra le stazioni a terra degli Enti ATS e le stazioni di bordo degli aeromobili (Terra/Bordo/Terra) e le comunicazioni tra aeromobili (Bordo/Bordo). Tutte le comunicazioni radio sono registrate.

Servizio Fisso Aeronautico

Con questo servizio sono trasmessi i messaggi necessari per la navigazione aerea, quelli meteo, i piani di volo, ecc. La rete di comunicazione di ogni Stato ICAO è connessa con quella degli altri Stati a formare la Rete Fissa delle Telecomunicazioni Aeronautiche **AFTN** (Aeronautical Fixed Telecommunication Network).

Un identificatore di 4 lettere è assegnato alle località in cui si trova una stazione aeronautica con un terminale della rete AFTN, ed è utilizzato in tutti i documenti aeronautici. Spesso un identificatore è stato dato anche ad altre località. L'identificatore adotta un codice parlante costruito come di seguito specificato.

1. La prima lettera corrisponde a una regione ICAO. Per l'Italia, come per gli altri paesi Mediterranei e dell'Europa Meridionale è "L"

2. La seconda si riferisce allo Stato: per l'Italia è "I" ("LIxx")

3. La terza è presa dai centri regionali. Nella regione di Milano è **M** per Milano ("LIMx"), **P** per Padova ("LIPx"); in quella di Roma è **R** per Roma ("LIRx"), **E** per Cagliari Elmas ("LIEx"), **C** per Catania ("LICx"); nella regione di Brindisi è **B** ("LIBx")

4. La quarta ricorda, per quanto possibile, il nome dell'aeroporto, ad es: Milano Linate è L ("LIML")

Servizio di Radiodiffusione

Il VOLMET e l'ATIS sono sistemi automatici che trasmettono di continuo in inglese su frequenze VHF. Il Volmet trasmette informazioni meteorologiche per gli aeroporti più importanti della Regione di Volo d'emissione. L'ATIS presente sui maggiori aeroporti, trasmette informazioni meteo e operative relative a quell'aeroporto. Le informazioni, aggiornate regolarmente o quando necessario, sono contraddistinte da un codice di una o due lettere, progressivo nel corso del giorno.

Servizio di Radionavigazione Aeronautica

Il Servizio si occupa di installazione e manutenzione dei sistemi di radionavigazione: radiofari e strutture, e della loro continua efficienza. A intervalli regolari esegue misurazioni in volo per verificarne la precisione, utilizzando aerei equipaggiati per le radiomisure.

RICERCA E SOCCORSO - ANNESSO 12

Dall'Annesso 12 ICAO si riportano le procedure qualora s'intercetti una trasmissione di pericolo o richiesta di soccorso o in caso d'incidente.

Trasmissione di soccorso

Un pilota che intercetti una trasmissione di pericolo o una richiesta di soccorso deve per prima cosa prendere nota della posizione dell'aereo in pericolo e avvisare l'ente ATS o il RCC fornendo tutte le informazioni. A sua discrezione può procedere verso la posizione del mezzo in pericolo per accertare la situazione. Il pilota del primo aereo che arrivi sulla scena di un incidente ha il compito di coordinare, sino all'intervento del primo aereo del SAR, l'attività di altri aerei che dovessero arrivare in seguito.

Sulla scena di un incidente

Il pilota che osservi un altro aereo o un mezzo di superficie in stato di pericolo, deve:

- tenere in vista il mezzo in pericolo finché necessario
- determinare con la maggiore precisione possibile la propria posizione
- comunicare al RCC o all'ente ATS con cui è in contatto il maggior numero possibile d'informazioni riguardanti il mezzo e le persone coinvolte, tra queste: la posizione, l'orario, il tipo e l'identificazione del mezzo coinvolto, le condizioni apparenti degli occupanti
- comportarsi secondo le istruzioni ricevute da RCC o dall'ente ATS

Quanto sopra dovrà essere fatto senza pregiudicare la sicurezza del proprio aereo, e nei limiti del possibile.

SAR Search and Rescue

Il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti è l'Autorità nazionale responsabile dell'attività SAR (Ricerca e Soccorso) in Italia, in esecuzione della Convenzione internazionale di Chicago sull'aviazione civile. Il coordinamento delle operazioni di ricerca e soccorso è affidato al Corpo delle Capitanerie di Porto - Guardia Costiera e all'Aeronautica Militare Italiana (A.M.I.).

- Il Corpo delle Capitanerie di Porto - Guardia Costiera è l'organismo preposto all'attività di ricerca e soccorso in mare finalizzata alla salvaguardia della vita umana.
- L'Aeronautica Militare, disponendo di una propria organizzazione di soccorso aereo dedicata all'assolvimento dei compiti d'istituto, ha la responsabilità di intervenire anche in caso di sinistro aeronautico civile.

Il Centro di Coordinamento Ricerca e Soccorso RCC (*Search and Rescue Coordination Center*) dell'AMI è responsabile del servizio SAR (*Search And Rescue*) all'interno dello spazio aereo italiano.

Il servizio è svolto tramite le Unità di Soccorso aereo, dislocate sugli aeroporti di Cervia, Pisa, Pratica di Mare, Ciampino, Brindisi, Trapani, Catania, Cagliari e Decimomannu. Si avvale anche delle Unità Navali basate a La Spezia, Ancona, Napoli, Taranto, Messina e Cagliari. Può disporre della collaborazione delle altre Forze Armate e della Polizia, della Protezione Civile e di organizzazioni quali: i Vigili del Fuoco, la Croce Rossa, il CAI (Club Alpino Italiano), e altre. Il servizio è disponibile con continuità (H24); il Centro di Coordinamento del Soccorso è situato a Poggio Renatico - Ferrara, dov'è anche il Comando Operativo delle Forze Aeree (COFA).

Il Centro e le Unità di Soccorso sono collegati tra loro, con gli Enti ATS e con i corrispondenti Centri dei Paesi confinanti. Unità di Soccorso e Enti ATS mantengono il continuo ascolto sulle frequenze d'emergenza Aeronautiche **121,5 MHz** e **243,0 MHz**, le stazioni costiere su quelle Marittime: 500 kHz telegrafica e 2182 kHz telefonica.

INCIDENTI AEREI - ANNESSO 13

L'Annesso 13 ICAO definisce:

• **Incidente:** ("accident"), un accadimento durante l'operazione di un aeromobile, nel periodo tra l'inizio dell'imbarco e il completamento dello sbarco, in cui:

- Una o più persone sono ferite in modo grave o mortale, oppure
- L'aeromobile è distrutto o subisce danni o rotture gravi che ne limitano robustezza o prestazioni e richiedono riparazioni di grande entità, o
- L'aeromobile è scomparso o inaccessibile

• **Inconveniente grave** ("serious incident") un inconveniente avvenuto in circostanze che indicano che si è sfiorato l'incidente (accident), *(la differenza tra i due, si può dire, è solo nei risultati)*;

• **Inconveniente** ("incident") un evento diverso dall'incidente, associato con le operazioni di un aereo, che impatta o può impattare la sicurezza.

Per l'accertamento delle cause e responsabilità di un **incidente aereo** possono essere attivate diverse inchieste:

1. **Inchiesta sommaria:** è svolta dal Direttore di Aeroporto della circoscrizione di competenza. Vengono raccolti tutti gli elementi relativi all'incidente, che sono poi comunicati al Ministero dei Trasporti.

2. **Inchiesta di sicurezza:** *(una volta chiamata "tecnica")* è svolta dalla ANSV per gli incidenti e gli inconvenienti occorsi ad aeromobili dell'aviazione civile. Lo scopo è identificarne le cause, al fine di evitare che si ripetano.

3. **Inchiesta giudiziaria:** L'Autorità Giudiziaria, qualora un sinistro abbia provocato morti o feriti, e ogni qualvolta lo ritenga opportuno, può aprire una propria inchiesta indipendente.

L'esercente deve comunicare immediatamente all'ENAC - Ufficio Tecnico gli incidenti occorsi all'aeromobile, facendo seguire una relazione scritta. Gli incidenti devono essere anche comunicati all'Autorità Aeronautica entro la cui circoscrizione è avvenuto, o a quella di base dell'aeromobile.

RAPPORTI DI INCONVENIENTI DEL TRAFFICO AEREO

Per quanto con l'addestramento si cerchi di ridurre al minimo la probabilità, l'errore è insito nella natura umana. Nelle attività di volo può succedere che siano commessi errori, o infrazioni alle regole del traffico aereo da parte dei piloti o dei controllori, o che si verifichino malfunzionamenti delle strutture o dei servizi di supporto. Questi eventi, che possono portare a situazioni di pericolo, sono classificati come **Inconvenienti del Traffico Aereo**. La loro segnalazione dev'essere fatta con la compilazione dell'apposito modello ICAO, reperibile presso gli ARO. Sono riconosciuti i seguenti tre tipi d'Inconveniente del Traffico Aereo.

• **Airprox** è la situazione in cui la distanza tra due aerei, tenendo anche conto della velocità relativa, si è ridotta in modo tale che, a giudizio di un pilota o dell'operatore ATS, la sicurezza è stata compromessa. Questo inconveniente è ulteriormente suddiviso in:

- **Rischio di collisione** quando si può stabilire con certezza l'esistenza di un serio rischio

- **Sicurezza non assicurata** se il rischio di collisione è meno severo che nel caso precedente

- **Nessun rischio di collisione**

- **Rischio indeterminato** qualora non sia possibile classificarlo

- **Procedure** si è verificato un errore procedurale o un'infrazione che non rientra nel caso precedente

- **Facility** vi è stato il malfunzionamento di un impianto

Gli inconvenienti del traffico aereo possono essere rilevati dai piloti o dagli operatori ATS. Il pilota che intende segnalare un inconveniente/ inconveniente grave deve trasmettere il rapporto iniziale direttamente all'operatore ATS con cui è in contatto, una volta a terra compilerà il modello ATIRF (Air Traffic Incident Report Form). Dev'essere trasmesso appena possibile dopo l'atterraggio all'ARO dell'aeroporto (o al più vicino ente ATS) oppure ad ENAV Spa Funzione Sicurezza Operativa, via fax allo 06 81662473 oppure via email a air@enav.it. Gli Enti ATS possono originare rapporti; se l'evento coinvolge direttamente un pilota, questi ne sarà informato via radio, per quanto possibile. Il pilota alla ricezione del rapporto dovrà far pervenire una relazione sui fatti, col mezzo più rapido possibile ad ENAV (AIP ENR 1.14 para 1.3 item 2).

Potrebbe essere originato un rapporto per infrazione, ad esempio nel caso di ingresso non autorizzato in un CTR.

V CAPITOLO - Procedure per il volo VFR

L'autonomia dell'aereo dev'essere sufficiente per la missione da compiere. Deve consentire di arrivare all'aeroporto di destinazione, da questo all'alternato e assicurare almeno altri 45 minuti di volo. L'aereo dev'essere dotato di apparato ricetrasmittente nella banda VHF. È responsabilità del pilota valutare se gli apparati di navigazione siano adatti e sufficienti per la rotta da percorrere e, nel caso, se la navigazione può essere comunque compiuta senza. È anche responsabilità del pilota provvedersi delle carte geografiche necessarie.

Mancanza minime VMC, avaria radio

Se le condizioni meteo stanno scendendo sotto le minime VMC, il pilota deve, mantenendo il VMC, dirottare e atterrare sul più vicino aeroporto idoneo oppure, se è qualificato e l'aereo è opportunamente strumentato, volare con le regole del volo strumentale.

In caso d'avaria radio il pilota deve mantenere condizioni VMC e atterrare nel più vicino aeroporto idoneo.

Regolazione dell'altimetro

A bassa quota l'altimetro va regolato sul QNH locale, così che indichi l'altitudine, necessaria per separarsi dagli altri traffici e d'aiuto per separarsi dal terreno e dagli ostacoli.

Ad alta quota l'orografia non costituisce più un problema; è importante la separazione tra aerei. Gli altimetri sono regolati sul QNE, e indicano livelli di volo; mantenendo costante la quota indicata, gli aerei si alzano e si abbassano seguendo le superfici isobariche, ma la distanza verticale tra aerei a livelli diversi non cambia. La regolazione sul QNE è mantenuta per tutta la parte in crociera del volo.

In tal modo tutti gli aerei che si trovano in una data zona hanno la stessa regolazione altimetrica: QNH o QNE, e i riporti di quota sono omogenei.

Nello spazio aereo **G**, l'altimetro dev'essere regolato sul **QNH** sino a un'altezza di **3.000 ft**. Su terreno montagnoso quest'altezza corrisponde ad altitudini crescenti. Sopra 3.000 ft di altezza, l'altimetro va regolato sul QNE e si vola per livelli. Il cambiamento di regolazione negli spazi aerei controllati è fatto in base **all'altitudine e al livello di transizione** rispettivamente in salita ed in discesa.

Livelli di volo

Quando l'altimetro è regolato sul QNE, il volo è condotto per livelli (FL "Flight Level"). Si indica con tale termine la distanza dell'aereo dalla superficie isobarica standard a pressione 1.013,25. L'altimetro, quando così regolato, indica un valore che, espresso in **centinaia di ft**, è il **livello di volo**.

I livelli VFR sono dispari+5 o pari+5: il dispari o pari è riferito alla penultima cifra, l'ultima è sempre 5. Il livello di volo deve essere scelto sulla base della rotta magnetica, così che tutti gli aerei che vanno in una direzione condividono gli stessi livelli e sono separati verticalmente da quelli in senso opposto. Siccome le rotte possibili sono state suddivise in due semicerchi, i livelli hanno preso il nome di "semicircolari".

Utilizzo del transponder

Il transponder A+C è obbligatorio per tutti i velivoli e gli elicotteri che operano nello spazio aereo di qualunque classe. Al suolo il transponder dev'essere in modo Stdb, in volo attivato e mantenuto in modo C. In Italia il codice per voli non controllati e in assenza di istruzioni degli Enti ATS è 7000C; il FIC potrà assegnare un codice diverso agli aerei con cui è stato stabilito il contatto radio (ad esempio Milano Informazioni assegna 4601 o 4602). In caso di contatto con Ente ATC, come capita entrando o operando in un CTR, di solito viene assegnato un codice specifico.

I codici per indicare **emergenza, avaria radio e atti di pirateria aerea**, sono rispettivamente: **7700, 7600 e 7500**.

Il modo più semplice a disposizione del radar per identificare in modo positivo un aereo è chiedere di premere il tasto "**ident**". Il tasto "**ident**" fa emettere un segnale aggiuntivo che evidenzia sullo schermo radar la traccia dell'aereo. La durata del segnale è indipendente dal tempo di pressione del tasto.

Gli aeromobili commerciali sono dotati di un dispositivo: TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) che, ricevendo le emissioni dei transponder degli aerei circostanti, avverte quando rileva il rischio di una possibile collisione, suggerendo una risoluzione del conflitto mediante suggerimenti di salita o discesa. Dispositivi simili si trovano anche in aerei dell'aviazione generale e in ultraleggeri.

Supporto dal radar

Il radar è utilizzato dagli Enti ATS per verificare e supplementare i riporti di posizione VFR e dare informazioni su traffici in rotta di collisione. L'informazione comprende il tipo di traffico in conflitto, se noto, la rotta che sta tenendo, il rilevamento polare e la distanza. Per facilitare la visualizzazione, si utilizza la disposizione delle ore sul quadrante dell'orologio. Ad esempio, un traffico al **trasverso a destra** a 5 NM sarà riportato come "**traffico alle vostre ore tre a 5 NM**", uno a **60° sulla sinistra** a 3 NM come "**traffico alle vostre ore 10 a 3 NM**", eccetera.

Il pilota VFR normalmente non utilizza i servizi radar, ma può ricorrere al supporto del radar qualora si trovi in difficoltà. Una volta identificato l'aereo, ad esempio tramite l'"**ident**", l'operatore radar fornirà il servizio richiesto. Potrà essere la posizione ("**radar fix**") o una sequenza di prue per guidarlo su un aeroporto ("**radar vectoring**").

SPAZI AEREI E PROCEDURE VFR

AEROPORTI SENZA ENTE ATS

Negli aeroporti senza Ente ATS è opportuno che il pilota chiami sulla frequenza della biga e, anche se non riceve risposta (l'operatività può non essere continua), comunichi comunque le proprie intenzioni, al fine di render nota la propria presenza e avvisare eventuali altri traffici che potrebbero essere nelle vicinanze.

Si uniformerà al circuito di traffico esistente, seguendo le indicazioni della biga e/o osservando la manica a vento, e farà gli usuali riporti di posizione sino al parcheggio o all'uscita dal circuito.

Gli aerei che intendono sorvolare l'aeroporto non hanno obbligo di contatto radio se il sorvolo avviene sopra la quota di circuito o dell'eventuale ATZ. È comunque buona pratica chiamare per informarsi sull'eventuale svolgimento di attività quali: lanci paracadutisti, traino alianti, sessioni acrobatiche, eccetera.

ATZ CON AFIU

Per operare in un'ATZ assistita da AFIU è obbligatorio il contatto radio. Il servizio fornito è l'AFIS: informazioni sulla pista in uso, gli altri traffici, le condizioni meteo, eccetera, ma non autorizzazioni.

È consigliabile che l'impiego delle piste avvenga in conformità con le indicazioni fornite, anche se è a discrezione del pilota una scelta diversa. Il pilota ha l'obbligo di comunicare le proprie intenzioni e di rispettare le regole del volo; le operazioni avvengono sotto la sua responsabilità. Ad esempio, prima di entrare in pista deve verificare che il finale sia libero, per inserirsi nel circuito di traffico deve dare la precedenza agli aerei già presenti, e così via.

Se il sorvolo dell'aeroporto avviene al di sopra dell'ATZ, non c'è l'obbligo del contatto radio. Anche in questo caso è buona pratica chiamare, anche per informarsi di eventuali attività in corso.

ATZ CON TORRE DI CONTROLLO

Le operazioni all'interno delle ATZ controllate devono essere autorizzate dalla Torre, che ha la responsabilità di assicurare le separazioni a vista a tutti gli aeromobili VFR che si trovano nell'aeroporto e nelle sue vicinanze. La Torre controlla anche i movimenti dei veicoli sull'area di manovra.

Gli aeromobili in avvicinamento devono contattare la Torre prima di entrare nell'ATZ, per l'autorizzazione all'ingresso e le istruzioni per l'atterraggio. Queste comprendono: pista in uso, vento al suolo, QNH, informazioni di traffico e altre, come necessarie. La pista in uso è di solito orientata contro vento; è ammessa una limitata componente di vento in coda. Il pilota può chiedere una pista diversa, anche se ciò non è normalmente necessario.

Il pilota deve fare i riporti di posizione come richiesto dalla Torre, solitamente in sottovento, in base e in finale. L'autorizzazione all'atterraggio, in dipendenza dal traffico, può essere rilasciata già in sottovento, oppure in base o in finale (talora addirittura in corto finale), quando viene anche comunicato l'ultimo vento.

I piloti devono attenersi alle istruzioni della Torre e ottenere la preventiva autorizzazione per ogni manovra, compresi i movimenti al suolo, anche solo per spostarsi dal parcheggio alla stazione carburante.

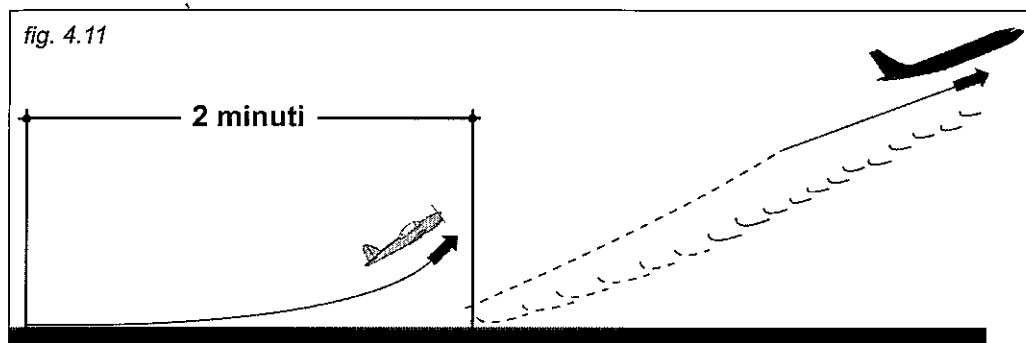
TURBOLENZA DI SCIA

Al fine di stabilire la separazione per evitare la turbolenza di scia, gli aerei sono raggruppati in base al peso massimo al decollo. Le tre¹ classi sono:

L light leggero	peso ≤ 7.000 kg
M medium medio	7.000 kg < peso < 136.000 kg
H heavy pesante	--- 136.000 kg ≤ peso

Un aereo leggero dovrebbe far sì che la sua traiettoria sia sempre più alta di quella di un aereo di classe più pesante. Se ciò non è possibile la separazione in tempo de-

1. Esiste in realtà una quarta classe che contiene il solo Airbus A380.



*Nella figura 4.11 si vede un aereo leggero (L) che decolla sulla stessa pista dietro uno più pesante (M, H): uno dei casi più frequenti. I vortici generati da un aereo in decollo iniziano dalla rotazione. L'aereo leggero dovrà iniziare la sua corsa di decollo non prima che siano trascorsi **due minuti dalla rotazione** dell'aereo pesante.*

v'essere almeno 2 minuti. Il rischio si presenta operando in un grande aeroporto. Un aereo leggero in avvicinamento ad un aeroporto controllato è avvisato del rischio turbolenza, in decollo la Torre provvede alla separazione. Se il pilota ritiene che questa non sia sufficiente, chiederà in decollo un ritardo "per turbolenza di scia", in avvicinamento chiederà l'autorizzazione ad una manovra di differimento, ad es: estendere il sottovento o effettuare un'orbita.

CTR

Per entrare nei CTR, provenendo da uno spazio aereo non controllato, prima d'attraversare i confini, il pilota deve contattare la TWR o l'Approach, come indicato dal FIC, per l'autorizzazione all'ingresso. Se è decollato da un aeroporto all'interno, la Torre lo seguirà sino ai confini del CTR o lo passerà all'Approach per ulteriori istruzioni.

Dai confini del CTR all'aeroporto sono previste rotte standard VFR, che i piloti hanno l'obbligo di seguire, a quota non superiore a quella massima pubblicata. Tali rotte, tracciate in modo da evitare i sentieri di partenza e d'arrivo e i circuiti d'attesa dei traffici strumentali, sono attestate su punti che prendono il nome dalla posizione relativa, ad esempio: W1 (1° punto di riporto a Ovest dell'aeroporto), W2 (2° punto a Ovest), E1 (1° a Est), eccetera, oppure geografica: Passo dei Giovi, Passo del Turchino, Nord Pegli, ... eccetera. Questi punti, riportati sulle carte geografiche di navigazione e d'avvicinamento, sono chiamati "cancelli di entrata".

VFR SPECIALE

All'interno di un CTR i voli VFR sono consentiti solamente se la visibilità è almeno 5 km e il ceiling è 1.500 ft. Se i valori sono inferiori è possibile chiedere un VFR speciale (VFR/S).

La visibilità minima al suolo e in volo deve essere 1.500 m, il ceiling non deve essere inferiore a 600 ft, l'aereo deve rimanere libero dalle nubi e in contatto visivo con il suolo o con l'acqua e con velocità non superiore a 140 kt. Il **volo diviene controllato** e ATC provvederà alle separazioni.

L'autorizzazione allo VFR/S dipende dal traffico.

AWY

Per volare nelle aerovie (oggi sostituite quasi completamente dalle rotte RNAV) sino a FL115, aerovie che sono di classe E, i piloti VFR non hanno neppure l'obbligo di stabilire il contatto radio, anche se è consigliabile contattino il FIC competente.

Per volare nelle aerovie da FL125 e sino a FL195, di classe D, i piloti VFR devono chiedere l'autorizzazione all'ingresso tramite il FIC, specificando il punto e lo stimato d'ingresso e il livello desiderato. Il FIC dopo aver coordinato, comunicherà il codice transponder e la frequenza dell'ACC da contattare per l'autorizzazione.

TMA

Le TMA Italiane sono prevalentemente di classe A, in cui sono consentiti solo i voli con le regole IFR, anche se talune porzioni sono di classe D ed E. Sotto le TMA lo spazio è in genere di classe G, ed è possibile il volo VFR.

Per entrare in una TMA non di classe A, i piloti VFR devono chiedere l'autorizzazione all'ingresso tramite il FIC, specificando il punto e lo stimato d'ingresso e il livello desiderato. Se la richiesta è accettata, il FIC comunicherà il codice transponder e la frequenza dell'ACC da contattare per l'autorizzazione.

INTERCETTAMENTO

La probabilità di essere intercettato da aerei militari è rara, perché l'Annesso 2 ICAO raccomanda di ricorrere a tale misura solo in casi estremi. È tuttavia opportuno conoscere il comportamento che sarà tenuto dall'intercettore e quello che l'intercettore si aspetta dall'intercettato.

L'intercettato deve:

- **seguire le istruzioni dell'intercettore**, anche se in contrasto con quelle ricevute via radio da qualunque altro Ente;
- selezionare sul transponder il codice **7700**;
- se possibile avvisare l'Ente ATS con cui si è in contatto;
- cercare di stabilire il contatto radio con l'intercettore sulla **frequenza d'emergenza 121,50 MHz**.

La prima operazione che l'intercettore compie, è identificare l'aereo intercettato. A tal fine si avvicinerà gradualmente sino a posizionarsi alla sinistra dell'aereo (*per essere ben visibile dal pilota*), alla stessa quota e alla distanza minima per comunicare visivamente. L'intercettore deve eseguire la manovra senza causare pericolo all'aereo intercettato o spavento ai suoi occupanti, ed evitare di farlo investire dalla propria scia, che potrebbe provocarne l'entrata in assetto inusuale. Eventuali altri aerei intercettori si terranno indietro e più in alto.

Compiuta l'identificazione, i **segnali dell'intercettore** possono essere:

- | | |
|----------------------|--|
| A) seguitemi | oscillazione delle ali e lampeggio delle luci a intervalli irregolari e, dopo il ricevuto dell'intercettato, lenta virata verso la prua desiderata, normalmente a sinistra |
| B) potete proseguire | brusca manovra di allontanamento consistente di una virata in cabrata $\geq 90^\circ$ senza attraversare la rotta dell'intercettato |

- | | |
|----------------------------------|--|
| C) atterrate su questo aeroporto | entrata in circuito, estensione del carrello, luci atterraggio accese e sorvolo della pista nella direzione di atterraggio |
|----------------------------------|--|

Le **risposte dell'intercettato** possono essere:

- | | |
|-----------------------------|--|
| a) ho compreso eseguo | oscillazione delle ali e lampeggio luci navigazione a intervalli irregolari |
| b) ho compreso atterro | estensione del carrello, luci di atterraggio accese, atterraggio dopo il sorvolo pista |
| c) aeroporto non adeguato | retrazione del carrello e lampeggio luci atterraggio sorvolando la pista, portandosi poi in circuito |
| d) non in grado di eseguire | accensione e spegnimento di tutte le luci in modo diverso dalla normale intermittenza |
| e) sono in pericolo | lampeggio irregolare di tutte le luci |

IL PIANO DI VOLO OPERATIVO ED ICAO

Il piano di volo operativo contiene le informazioni necessarie al pilota per navigare dall'aeroporto di partenza a quello di destinazione. Utilizza un modulo sul quale sono riportati per ogni tratta di cui è composto il volo: punti di riferimento, distanze, rotte, tempi, altitudini, stimati. Preparato in fase di pianificazione, a mano che il volo procede viene aggiornato con i nuovi stimati.

Il Piano di Volo ICAO ("PLN") ha lo scopo di notificare agli Enti ATS le informazioni principali relative al volo, allo scopo di assicurarsi il servizio di Allarme e, solo per i voli IFR, di riservare gli spazi aerei che saranno via via impegnati. Il pilota ha sempre la facoltà di presentare un PLN; in taluni casi è obbligatorio. Il PLN è obbligatorio per recarsi ed atterrare all'estero, per operare negli spazi aerei di Classe C e D oppure nell'ATZ di taluni aeroporti: a regolamentazione speciale, AFIU con procedure IFR. Può inoltre essere richiesto dalla competente autorità.

È in ogni caso buona norma presentarlo per il sorvolo di estesi tratti di mare o di zone impervie. Un aereo senza PLN non usufruisce del servizio di allarme sino a quando non stabilisce il contatto radio con un Ente ATS. Peraltro, a seguito di allarmi ingiustificati, è stato deciso che:

"Il servizio d'allarme per i voli VFR senza piano di volo non deve essere attivato nel caso di omissione di un riporto di posizione preannunciato dal pilota, né nel caso di un tentativo, senza successo, di un operatore ATS di stabilire contatto radio con un aeromobile allo scopo di fornirgli eventuali informazioni."

Il piano di volo dev'essere presentato, in anticipo sull'orario di partenza, all'ARO competente per l'aeroporto di partenza. Il modulo compilato può essere consegnato di persona, o inviato via fax, o anche dettato per telefono o immesso direttamente via internet (dal dicembre 2014). In caso d'estrema difficoltà nell'utilizzare questi mezzi, può essere trasmesso in frequenza.

Nel corso del volo, le variazioni significative rispetto al PLN devono essere comunicate all'Ente ATS competente. "Dirottamento" è la diversione, con lo scopo di atterrare, verso un aeroporto diverso da quello indicato nel PLN.

Operando con PLN, c'è l'obbligo di informare ATS a intervalli regolari, sui punti di ri-

porto obbligatori, che il volo sta procedendo normalmente. Mancando un riporto preannunciato, entro 30 minuti scatta la prima fase d'allarme.

Durante il volo è in genere possibile il cambiamento delle regole da VFR a IFR, e viceversa. Nel primo contatto con un Ente ATS, il pilota deve dichiarare se sta operando con Piano di Volo. Il PLN è aperto con questa dichiarazione e dovrà essere chiuso una volta a terra, per non far scattare il processo d'allarme.

VI CAPITOLO - VOLO DA DIPORTO O SPORTIVO

Il Volo da Diporto o Sportivo è stato istituito con la legge n.106/1985. Nel lontano marzo 1985 si definiva "apparecchio per il volo da diporto o sportivo", una struttura monoposto di peso non superiore a 30 kg o a 40 kg se provvista di motore ausiliario la cui potenza non doveva superare 5 CV. Si succedettero molti aggiornamenti legislativi, tra questi, nel novembre 1991 venne aumentato il peso massimo per le varie categorie di ultraleggeri, innalzata la velocità di stallo, tolto il limite di velocità in volo livellato, eccetera.

Il "Decreto del Presidente della Repubblica 9-luglio-2010 n.133", Nuovo Regolamento di Attuazione della legge 1985/106, entrato in vigore il 17-11-2010, chiamato in breve **DPR 133**, costituisce la base normativa attuale. Il testo è reperibile nella raccolta delle leggi Italiane e in molti siti internet, ad esempio allo: <http://www.fivu.it/>.

Un ultraleggero è un apparecchio che nella versione a biposto provvista di motore, ha le seguenti caratteristiche:

- a) **peso massimo al decollo non superiore a kg 450**
- b) **velocità di stallo senza potenza non superiore a 65 km/h**

Definizioni

- apparecchio per il **volo libero**: *"un deltaplano, ovvero un parapendio ovvero ogni altro mezzo privo di motore impiegato per il volo da diporto o sportivo, con decollo a piedi, avente le caratteristiche tecniche di cui all'allegato alla legge 25 marzo 1985, n.106"*. (articolo 2d).

- apparecchio VDS (**basico**): *"un mezzo con motore impiegato per il volo da diporto o sportivo, avente le caratteristiche tecniche di cui all'allegato alla legge 25 marzo 1985, n.106"* (articolo 2b).

- apparecchio **Avanzato**: *"un apparecchio VDS avente i requisiti tecnici di cui all'articolo 8"*.

Il DPR133 ha anche introdotto una nuova categoria: gli ultraleggeri avanzati. La qualifica di "avanzato", è concessa agli apparecchi che abbiano requisiti almeno equivalenti a quelli previsti dai rispettivi allegati tecnici. Tali apparecchi devono essere dotati di radio VHF, transponder in modalità A+C o S, nonché dispositivo ELT di tipo automatico, ...

Attestato d'idoneità

Per svolgere l'attività di volo da diporto o sportivo VDS è necessario l'attestato d'idoneità rilasciato dall'Aeroclub d'Italia (AeCI). L'AeCI rilascia a richiesta la qualifica di "pilota VDS avanzato" al titolare dell'attestato d'idoneità che abbia licenze aeronautiche in corso di validità.

Condizione dei voli

Tutti gli apparecchi VDS: basici, avanzati e per il volo libero, sono soggetti, come gli aeroplani dell'Aviazione Generale, alle **Regole dell'aria**, alle Regole del **VFR diurno** e ai regolamenti applicabili emanati dall'ENAC.

I voli devono essere condotti fuori dalle nubi e in condizioni meteorologiche e di visibilità tali da consentire il continuo riferimento visivo con il suolo, l'acqua, gli ostacoli, e l'eventuale presenza di ogni altro traffico aereo.

In applicazione delle norme SERA.5005f, l'attività di volo effettuata con gli apparecchi di cui al DPR133 (articolo 2 lettera b) apparecchi basici) è consentita fino ad un'altezza massima di 1.000 ft dal terreno, determinata con riferimento all'ostacolo più elevato nel raggio di 5.000 m, eccetto nelle zone specificate. L'altezza minima diviene la stessa per gli altri aeromobili in VFR (500 ft su aree disabitate, 1.000 ft sull'abitato o assembramenti all'aperto).

Gli apparecchi basici devono operare fuori **dagli spazi aerei controllati** e dalle **zone soggette a restrizioni**, fuori dalle **zone di traffico aeroportuale (ATZ)** e, in assenza di ATZ, comunque a una **distanza superiore a 5 km** dal limite esterno degli **aeroporti**.

Agli apparecchi basici è vietato il sorvolo di centri abitati, di assembramenti di persone, di agglomerati di case, di caserme, di depositi di munizioni, di porti militari, di stabilimenti e impianti industriali, di aree riservate ai fini della sicurezza dello Stato. È inoltre vietato il sorvolo delle linee e stazioni ferroviarie, di centrali elettriche, di dighe, di ospedali, di carceri e delle principali vie di comunicazione, che, quando strettamente necessario, possono essere sorvolate in senso ortogonale.

Gli apparecchi avanzati con ai comandi un pilota avanzato (**binomio apparecchio-pilota**), possono:

- usufruire dei **servizi ATS** (servizi del traffico aereo) come gli altri aeromobili
- volare in **tutto lo spazio aereo aperto al volo VFR sino a FL195** incluso
- volare negli **spazi aerei controllati** aperti al traffico VFR
- operare su tutti gli **aeroporti** non aperti al traffico commerciale e su quelli aperti al traffico commerciale indicati dall'ENAC

COMUNICAZIONI VFR

Questa sezione tratta delle Comunicazioni Radiotelefoniche aeronautiche. Le comunicazioni sono i messaggi scambiati tra aeromobili in volo e stazioni a terra. Costituiscono un aiuto importante per il pilota, che può conoscere posizione e intenzioni degli aerei circostanti, dichiarare e ricevere informazioni per la condotta del volo: eventuali conflitti di traffico, autorizzazioni, situazione degli aeroporti, bollettini meteo, ed altre ancora.

Nel denso traffico aereo d'oggi, le comunicazioni sono indispensabili per la sicurezza: non è infrequente l'esperienza di essere allertati sulla presenza di un altro aereo, magari con rotta convergente, ben prima di vederlo.

Comprendere tali messaggi è di interesse per pilota di SAPR, se opera vicino agli aeroporti o in aree o a quote in cui esiste la possibilità di conflitto. Potrebbe anche presentarsi la necessità di comunicare con gli Enti ATS. Conoscere la situazione dei traffici civili nello spazio aereo circostante la sua area di operazioni è in ogni caso utile.

Le comunicazioni hanno un loro lessico e una loro sintassi, che occorre conoscere per trasmettere in modo chiaro le proprie intenzioni e richieste, e comprendere senza equivoci le risposte. Per ottenere ciò occorre esprimersi con precisione, utilizzando la fraseologia standard. È anche necessario parlare col giusto livello di voce e a velocità normale, senza pause eccessive o fastidiose interiezioni, che allungano il messaggio e ne diminuiscono l'intelligibilità.

Le comunicazioni radiotelefoniche, si dice, sono il biglietto da visita con cui un pilota si presenta agli altri aerei e agli Enti del Traffico e costituiscono un indizio della sua preparazione.

Questo vale, senza alcun dubbio, anche per il pilota SAPR.

I CAPITOLO - Lessico e procedure

Le frequenze utilizzate nelle comunicazioni radio aeronautiche su brevi-medie distanze sono la VHF (Very High Frequencies) la cui gamma è 30 MHz ↔ 300 MHz e la UHF (Ultra High Frequencies) con gamma 300 MHz ↔ 3 GHz. Le frequenze VHF e UHF non sono soggette a interferenza da parte dei fenomeni meteorologici (scariche elettriche dei temporali), e l'attenuazione da parte dell'atmosfera è trascurabile. Si propagano solo per linea ottica; ciò significa che le due stazioni: trasmittente e ricevente, si devono "vedere": non devono esserci ostacoli frapposti.

Perché un'onda trasmetta informazioni, deve essere modulata, in altre parole alcune sue caratteristiche devono essere modificate con i segnali che contengono l'informazione. L'onda originaria non modificata si chiama portante, perché "porta" le informazioni che le sono sovrapposte col segnale di modulazione.

La banda VHF assegnata alle comunicazioni aeronautiche va da **118,00 MHz** a 136,975 MHz (25 kHz sotto **137,00 MHz**) e, con intervalli di 25 kHz, rende disponibili 760 canali. Ulteriori frequenze sono state implementate riducendo lo spaziamento dei canali a 8.33 kHz. Ad ogni stazione del servizio aeronautico sono assegnate due frequenze: primaria e secondaria. Normalmente è utilizzata la primaria, ma l'ascolto è mantenuto anche sulla secondaria (o ausiliaria).

ALFABETO FONETICO, PRONUNCIA DEI NUMERI, SIGLE, ...

L'alfabeto fonetico è costituito da 26 parole che, iniziando con la corrispondente lettera dell'alfabeto inglese, consentono di identificare la lettera associata senza ambiguità. Le parole sono state scelte tali da essere pronunciate allo stesso modo da persone di madre lingua diversa. L'alfabeto fonetico è indispensabile per comunicare le marche degli aerei, gli identificatori ICAO degli aeroporti e delle radioassistenze e qualora la comprensione risulti incerta.

Nello **schema 5.1** sono riportate le lettere dell'alfabeto, la parola associata e la sua pronuncia con l'alfabeto italiano; sono evidenziate in grassetto le parole la cui pronuncia si discosta da quella italiana, accentate in caso di ambiguità.

A	ALPHA	Alfa	N	NOVEMBER	Novembar
B	BRAVO	Bravo	O	OSCAR	Oscar
C	CHARLIE	Ciarli	P	PAPA	Pàpa
D	DELTA	Delta	Q	QUEBEC	Chebèk
E	ECHO	Eco	R	ROMEO	Ròmio
F	FOXTROT	Foxtrot	S	SIERRA	Sierra
G	GOLF	Golf	T	TANGO	Tango
H	HOTEL	Otèl	U	UNIFORM	l'uniform
I	INDIA	India	V	VICTOR	Victor
J	JULIET	Giuliét	W	WHISKEY	Uìschi
K	KILO	Chilo	X	X-RAY	Ècsrei
L	LIMA	Lima	Y	YANKEE	Ienchi
M	MIKE	Maik	Z	ZULU	Zulu

Schema 5.1

Alcune abbreviazioni e acronimi hanno assunto, nel lessico aeronautico, la dignità di parole e sono pronunciate come se lo fossero, senza usare l'alfabeto fonetico, cui si può ricorrere in caso di incomprensioni. Di seguito ne sono riportati alcuni esempi, specificando la pronuncia quando non letterale.

Abbreviazione	pronuncia	Abbreviazione	pronuncia
CAVOK	cavochéi	NOTAM	
FIC / FIR		QDM	qu di emme
GPS	gi pi esse	QDR	qu di erre
IFR	i effe erre	QFE	qu effe é
ILS	i elle esse	QNH	qu enne acca
IMC	i emme ci	VOR	

Il codice Q, una volta indispensabile per contenere i caratteri da trasmettere, limitati dalla velocità della telegrafia, ha perso oggi quasi tutta la sua importanza. Peraltro alcuni termini sono entrati nel lessico aeronautico come parole di significato compiuto, e hanno così acquisito nuova vita.

Tra questi vi sono:

- QDM / QDR per la radionavigazione
- QFE / QNH / QNE nella regolazione altimetro
- QFU è l'orientamento pista

La corretta pronuncia dei numeri è indispensabile per comunicare correttamente le frequenze radio, le quote, le prue, gli orari. L'ultima colonna dello **schema 5.2** indica la pronuncia dei numeri inglesi usando l'alfabeto italiano.

Italiano		Inglese	
0	Zero	Zero	<i>Ziro</i>
1	Uno	One	<i>Uan</i>
2	Due	Two	<i>Tuu</i>
3	Tre	Three	<i>Trii</i>
4	Quattro	Four	<i>Fòuar</i>
5	Cinque	Five	<i>Faif</i>
6	Sei	Six	<i>Six</i>
7	Sette	Seven	<i>Séven</i>
8	Otto	Eight	<i>Eit</i>
9	Nove	Nine	<i>Nàinar</i>
100	Cento	Hundred	<i>Hàndred</i>
1000	Mille	Thousand	<i>Tàusand</i>

Schema 5.2

I numeri vanno pronunciati cifra per cifra, tranne che le centinaia e migliaia intere, per cui si utilizzano: "cento" e "mille". I decimali vanno preceduti da "decimali" ("decimal"), negli USA e in vari Stati limitrofi è usato "punto" ("point"). Ad esempio:

10	Uno zero	One zero
68	Sei otto	Six eight
100	Cento	One hundred
300	Tre cento	Three hundred
769	Sette sei nove	Seven six nine
4500	Quattro mila cinque cento	Four thousand five hundred
6000	Sei mila	Six thousand
9300	Nove mila tre cento	Nine thousand three hundred
10000	Dieci mila	One Zero thousand
124,925	Uno due quattro punto nove due	One two four decimal nine two

Nelle comunicazioni radio, l'indicazione dei canali VHF (oggi tutti indicati a sei cifre) deve essere effettuata come segue:

- 4 cifre per canali che terminano con due zeri (cioè quinta e sesta cifra uguali a zero);
- 6 cifre per tutti gli altri canali.

Esempi: 118.000 si pronuncia: *Uno uno otto decimale zero*; 118.005 si pronuncia: *Uno uno otto decimale zero zero cinque*; 118.100 si pronuncia: *Uno uno otto decimale uno*.

Il sistema orario utilizza il tempo UTC (Universal Coordinated Time). Il gruppo orario è costituito da quattro cifre: due per le ore e due per i minuti nel formato: "oomm".

Nei messaggi radio l'ora viene omessa se ciò non genera ambiguità, e sono comunicati solo i minuti. Ogni numero dovrebbe essere pronunciato separatamente. Se si vuol intendere l'ora successiva, i minuti sono seguiti da: "dopo l'ora" ("next hour"). L'ora va inclusa se vi è possibilità di confusione.

STRUTTURA MESSAGGIO, NOMINATIVI ENTI ATS, NOMINATIVI CHIAMATA RADIO AEREI

La struttura normale di un messaggio è la seguente:

- nominativo dell'Ente chiamato
- nominativo del chiamante
- testo del messaggio

Ci sono due eccezioni a questa struttura.

Nella **rilettura di un'autorizzazione**, è letta per **prima l'autorizzazione** stessa seguita dal nominativo dell'aereo. La parte più importante del messaggio è la conferma dell'autorizzazione, che pertanto va al primo posto; il nominativo dell'aereo conclude la trasmissione.

Quando **un aereo esegue un'istruzione**, il suo **nominativo compare all'inizio** del messaggio; ad esempio: *"I-AMCG decolla"*. L'enfasi è posta sull'aereo, il **nominativo del chiamato è omesso**.

Riepilogando, il nominativo del chiamante è all'inizio del messaggio quando l'azione si sta per svolgere o è in atto, alla fine del messaggio se l'azione si svolgerà in futuro.

Un esempio nel caso di un'autorizzazione, in cui il nominativo appare alla fine, è il seguente:

- AZ Nove Sei Tre - Milano (AZ nine six three - Milan)
- *Milano AZ nove sei tre (Milan AZ nine six three)*
- AZ nove sei tre Milano - ATC autorizza AZ nove sei tre a scendere a nove mila piedi

(AZ nine six three Milan - ATC clears AZ nine six three to descend to nine thousand feet)
 - *Autorizzati a Scendere a Nove Mila Piedi - **AZ nove sei tre** (cleared to descend to nine thousand feet - **AZ nine six three**)*

I nominativi ("call sign") di chiamata radiotelefonica degli Enti ATS devono essere preceduti dal nome geografico dell'aeroporto o della regione, ad esempio "Milano Informazioni", "Linate Torre", "Orio Torre", "Genova radar", "Valbrembo radio", eccetera, e far riferimento al servizio offerto/richiesto. Sono elencati nello **schema 5.3**; ove manca il nominativo significa che si usa il termine inglese.

Call sign	Nominativo	Servizio
Apron		Controllo di piazzale
Ground		Controllo dei movimenti al suolo
Tower	Torre	Controllo di aeroporto
Departure	Partenze	Centro di controllo radar per aerei in partenza
Radar		Unità radar in genere
Homer	Gonio	Stazione radiogoniometrica
Control	Controllo	Centro di controllo d'area
Information	Informazioni	Informazioni di volo (FIC AFIU)
Approach	Avvicinamento	Centro controllo di avvicinamento
Arrival	Arrivi	Centro controllo di avvicinamento radar
Radio		Stazione aeronautica (biga)

Schema 5.3

I nominativi di chiamata radiotelefonica degli aerei sono di tre tipi:

1. **I-ABCD** i caratteri della marca di registrazione, che può essere preceduta dal nome del produttore o dal modello dell'aeromobile, ad es: (**Piper**) **I-ABCD** oppure (**Cessna172**) **I-ABCD**;
2. **Varig PVMA** nome dell'operatore e le ultime 4 lettere delle marche;
3. **Scandinavia N937** nome dell'operatore e il numero di volo.

Nelle chiamate successive e dopo che l'ente ATS ne abbia dato l'esempio, ad evitare possibili confusioni tra aerei i cui nominativi abbiano le ultime lettere eguali, i nominativi possono essere così abbreviati:

1. **I-CD** il primo carattere e almeno gli ultimi due della marca. Al **posto del primo carattere** può essere utilizzato il nome del produttore o il **modello dell'aeromobile**; ad es.: **Piper CD** oppure **Cessna172 CD**;
2. **Varig MA** il nome dell'operatore più gli ultimi due caratteri;
3. No abbreviazione.

Nominativo	1° tipo	2° tipo	3° tipo
Intero	I-ABCD o Cessna ABCD	Varig PVMA	Scandinavia N937
Abbreviato	I-CD o Cessna CD	Varig MA	---

La **tabella 5.4** riporta i termini più frequenti; se manca quello italiano significa che è normalmente usato l'inglese.

Termini più usati

Significato

Acknowledge	Date ricevuta	Confermate di aver ricevuto e compreso il messaggio
Affirm (ative)	Affermativo	Sì
Approved	Approvato	
Break		Separazione fra due parti di un messaggio
Break break		Separazione fra due messaggi trasmessi a due diversi aerei
Cancel	Cancellate	
Check	Controllate	
Cleared	Autorizzato	
Contact	Contattate	Stabilite il contatto radio con
Correct	Corretto	
Correction	Correzione	Nella trasmissione è stato fatto un errore. Segue la versione corretta
Disregard	Trascurate	Considerate la precedente comunicazione come non avvenuta
How do you read?	Come ricevete?	Nella scala 1-5 com'è comprensibile la trasmissione?
I say again	Ripeto	

Monitor	Mantenete l'ascolto	
Negative	Negativo	No, non autorizzato, non è corretto.
Over	Passo	Il mio messaggio è terminato e attendo una risposta (<i>non più usato</i>)
Out	Fine	La trasmissione è terminata e non attendo una risposta (<i>non più usato</i>)
Read back	Rileggete	Ripetete il messaggio esattamente come l'avete ricevuto
Recleared	Riautorizzato	Questa nuova autorizzazione sostituisce la precedente
Report	Riportate	Richiamate, datemi la seguente informazione.
Request	Chiedo	Vorrei sapere, vorrei avere ...
Roger	Ricevuto	Ho ricevuto il vostro messaggio (<i>da non usare con informazioni critiche: QNH, pista in uso, autorizzazioni, ecc, che vanno rilette per conferma</i>)
Say again	Ripetete	
Speak slower	Parlate più lentamente	
Stand-by		Attendete e mantenete l'ascolto, richiamerò al più presto
Verify	Verificate	Controllate e confermate
Wilco	Eseguirò	Ho compreso il messaggio ed eseguirò quanto richiesto (<i>Will Comply</i>)
Word twice	Parole doppie	La comunicazione è difficile: ripetete, o ripeterò, le parole due volte

La lingua da usare è quella della nazione o l'inglese; nelle operazioni IFR è obbligatorio usare l'inglese.

Il pilota VFR in Italia può parlare in italiano o in inglese. Se gli è stata indirizzata una comunicazione in inglese che non è stata compresa, può chiederne la ripetizione in italiano. Di solito è sufficiente che il pilota risponda in italiano perché il controllore ripeta e continui le comunicazioni in italiano con quell'aereo. Allo stesso modo i controllori possono invitare un pilota, che cerca di comunicare in inglese, a passare all'italiano se rilevano che la scarsa padronanza dell'inglese porta a incomprensioni o a un eccessivo rallentamento delle comunicazioni.

In ogni stazione a terra del Servizio Aeronautico le comunicazioni sono registrate; la registrazione è fatta su nastro magnetico con apparati automatici.

LE COMUNICAZIONI

Il collegamento tra due stazioni è stabilito con la risposta della stazione chiamata alla chiamante. In questa fase iniziale devono essere usati i nominativi interi. Le espressioni di cortesia sono da evitare se la frequenza è affollata. Stabilito il contatto, può essere trasmesso il testo del messaggio. Le comunicazioni tra le due stazioni proseguiranno alternate, sino alla conclusione del collegamento. L'esempio seguente è un semplice scambio di comunicazioni. Per le marche dell'aereo va impiegato l'alfabeto fonetico (*nell'esempio esplicitato solo alla prima occorrenza*).

- *Milano informazioni India Alfa Mike Charlie Golf buongiorno*
- *IAMCG Milano informazioni (buongiorno)*
- *Milano informazioni IAMCG Cessna 172 senza piano di volo, agli 15 sui Giovi 6.000 piedi riporterà ai 35 su Pavia a 2.000 piedi, transponder 6201charlie*
- *ICG Milano informazioni QNH 1.022, scenda a quote VFR, massima 3.000 a Sud del Po, 2.000 a Nord del Po, mantenga VMC, riporti Pavia, transponder 4601C.*
- *Milano informazioni ICG, QNH 1.022, mantiene VMC, massimo 2.000 nord del Po, riporterà Pavia ai 35, 4601C.*

Le comunicazioni possono continuare col nominativo abbreviato su iniziativa dell'Ente ATS, questo è possibile se non vi sono altri aeromobili che abbiano le stesse ultime lettere delle marche. Il pilota può omettere parte del nominativo dell'Ente ATS: o il nome dell'Ente o la localizzazione. Ad esempio, una volta stabilito il contatto, la chiamata a Milano Informazioni può essere indirizzata solo "Milano" oppure solo "Informazioni". Nella pratica per velocizzare la comunicazione talora il pilota omette del tutto i nominativi. Anche se non ortodosso, ciò non crea ambiguità, se le altre stazioni in frequenza rispettano la regola di non intromettersi in una comunicazione in atto, ma di aspettare sino a quando sia conclusa.

La trasmissione precedente potrebbe essere così abbreviata:

- *Milano informazioni India Alfa Mike Charlie Golf buongiorno*
- *ICG Milano informazioni (buongiorno)*
- *Cessna 172 senza piano di volo, agli 15 sui Giovi 6.000 piedi riporterà ai 35 su Pavia 2.000, transponder 6201Charlie*
- *ICG QNH 1.022, scenda a quote VFR, massima 3000 a Sud del Po, 2.000 a Nord, mantenga VMC, riporti Pavia, transponder 4601C.*
- *QNH 1.022, mantiene VMC, massimo 2.000 Nord del Po, riporterà Pavia 2.000, 4601C, ICG.*

Una chiamata radio sembra richiedere un'immediata risposta, ma ciò non deve far trascurare gli altri compiti, più importanti. Se il pilota è impegnato in attività critiche, la risposta può essere differita. L'ordine di priorità è:

- 1. controllare l'aereo**
- 2. navigare**
- 3. comunicare**

Riconoscendo che talune fasi del volo richiedono la massima concentrazione, l'Annesso 10 ICAO prevede che: **"Eccetto che per ragioni di sicurezza, nessuna trasmissione deve essere diretta ad un aeromobile nelle fasi di decollo, avvicinamento**

finale e corsa post-atterraggio". Analogamente, se una stazione a terra non risponde subito, è bene attendere qualche secondo prima di richiamare. Prima ancora è bene chiedersi se la mancata risposta non sia dovuta al fatto che l'aereo non è ancora entro la distanza di ricezione, o questa è impedita dall'orografia.

Per verificare il funzionamento della radio di bordo si può fare una trasmissione di prova. Il messaggio, dopo i nominativi della stazione chiamata e di quella chiamante, conterrà le parole "*prova radio*". La stazione chiamata comunicherà la qualità della trasmissione espressa nella scala della comprensibilità.

SCALA DI COMPRESIBILITÀ

La scala esprime non la forza, ma la comprensibilità della trasmissione con valori da uno a cinque, che significano:

1. incomprensibile
2. comprensibile a tratti
3. comprensibile con difficoltà
4. comprensibile
5. perfettamente comprensibile

Quando una stazione non ha ben compreso il nominativo della stazione chiamante userà la frase: "*Stazione che chiama xxxx, ripeta il nominativo*". In caso d'errore la trasmissione deve essere ripresa dopo l'ultimo gruppo di parole corrette, facendo precedere le nuove frasi dalla parola "*correzione*". Se si desidera la ripetizione di una parte del messaggio si userà la frase "*ripetete tutto dopo*", seguita dall'ultima parola ricevuta in modo soddisfacente; frasi simili sono: "*ripetete tutto prima*" e "*ripetete tutto tra xxx e yyy*". Può anche esser chiesta la ripetizione di un'informazione specifica: "*ripetete la rotta*", "*ripetete la quota*", "*.... il QNH*", eccetera.

OBBLIGO DI RIPETERE I MESSAGGI

Se il messaggio è stato correttamente ricevuto, la conferma è data col nominativo in uso, eventualmente preceduto da "*ricevuto*" nel caso in cui la trasmissione non contenga informazioni che devono essere ripetute.

In taluni casi, per confermare che il messaggio è stato compreso e sarà eseguito, la ripetizione è obbligatoria.

Bisogna ripetere il messaggio quando si impegna una pista per:

- attraversare
- fare contropista
- entrare ed attendere
- decollare ed atterrare

È anche obbligatorio ripetere le seguenti informazioni e istruzioni:

- la pista in uso
- la regolazione dell'altimetro
- i codici transponder
- le istruzioni di quota, prua, velocità

La ripetizione è ancora obbligatoria nel caso di un'**autorizzazione di rotta**. Il pilota VFR si trova in questa situazione quando riceve un'autorizzazione al VFR speciale.

La **ripetizione del messaggio** conferma non solo che è stato **compreso**, ma che

sarà eseguito. Qualora l'istruzione non fosse eseguibile, perché incompatibile con le prestazioni dell'aereo, per le condizioni meteo, o per altro motivo, non dovrà essere ripetuta, ma sarà chiesto un emendamento, spiegandone le ragioni.

Ogni Ente ATS comunica al pilota di un aereo che stia per uscire dalla sua area di competenza, l'Ente successivo da contattare e la frequenza relativa. Prima di lasciare una frequenza, il pilota deve informare l'Ente con cui è in contatto. Se ha necessità di lasciarla temporaneamente deve indicarne le ragioni e l'orario previsto della ripresa del contatto.

La chiamata per "*normali operazioni*" dev'essere fatta se, per il tipo di volo, il pilota non è tenuto al collegamento continuo bilaterale con l'Ente ATS. Per confermare che la mancanza di comunicazioni non è causata da emergenza ed evitare la messa in allarme dei servizi di soccorso, a intervalli di ≈ 30 minuti deve chiamare l'Ente ATS.

PRIORITÀ MESSAGGI

L'ordine di priorità dei messaggi del servizio mobile aeronautico ha lo scopo di far sì che le altre stazioni cessino di trasmettere qualora sentano un messaggio a priorità più elevata. L'ordine è il seguente:

1. **messaggi di pericolo o soccorso (Mayday)**
2. **messaggi di urgenza (Pan Pan)**
3. messaggi di radiogoniometria
4. Rientrano nella vasta categoria dei messaggi di sicurezza: le informazioni di volo, **i riporti di posizione**, e le informazioni meteo per gli aerei in decollo e in atterraggio (vento, wind shear, ecc.)
5. messaggi meteorologici, (quelli diretti agli aerei in decollo e atterraggio rientrano nella classe 4)
6. messaggi di regolarità del volo; riguardano principalmente i voli commerciali e contengono informazioni e istruzioni sulla gestione del volo

MESSAGGI DI SOCCORSO

Il messaggio di **pericolo o soccorso** può essere rilasciato o autorizzato dal comandante di un aeromobile che trovandosi in grave e/o imminente pericolo **richieda assistenza immediata**. La prima trasmissione va fatta sulla **frequenza in uso** perché, essendo già stabilito il collegamento radio, le probabilità che il messaggio sia subito ricevuto sono più alte. Se non c'è risposta, il messaggio va ripetuto sulla frequenza di **emergenza 121,5 MHz** o su qualunque altra. La chiamata dev'essere preceduta dal segnale di soccorso **mayday** preferibilmente ripetuto tre volte. Il messaggio dovrebbe contenere il maggior numero degli elementi di seguito riportati, se possibile in quest'ordine:

1. nominativo della stazione chiamata (tempo e circostanze permettendo)
2. nominativo dell'aeromobile
3. **descrizione del pericolo**
4. **intenzioni del comandante**
5. posizione prua e quota

La struttura è la stessa di un normale messaggio cui è aggiunta la descrizione del pericolo e le intenzioni. Il codice di emergenza: 7700 sarà stato inserito nel transponder. Un esempio è il seguente:

I-ABCD: MAYDAY MAYDAY MAYDAY, I-ABCD il motore si è fermato tenta un atterraggio di fortuna, posizione 10 NM Sud di Vercelli, 2300 piedi, rotta 360, mayday mayday.

Milano Informazioni: I-ABCD ricevuto il mayday, se potete un ident sul transponder per la rilevazione della posizione, allertiamo i soccorsi.

La stazione chiamata dall'aeromobile in pericolo, o la prima stazione che riceve il messaggio, deve:

- notificare immediatamente l'avvenuta ricezione del messaggio di pericolo,
- assumere il controllo delle comunicazioni oppure trasferire, specificandolo chiaramente, tale responsabilità, avvisando l'aeromobile,
- intraprendere azioni immediate affinché tutte le informazioni necessarie siano rese disponibili, al più presto possibile, all'Ente ATS interessato.

Qualora il messaggio non sia ricevuto dall'Ente ATS cui è diretto, il ricevuto sarà dato da qualsiasi altro aereo, che si incaricherà di ritrasmetterlo. Il pilota dovrà tenersi pronto a intervenire, se si trova nelle vicinanze, avvicinandosi per prestare qualunque aiuto possa essere necessario, **senza pregiudicare la sicurezza del proprio aereo**.

A seguito della richiesta di soccorso, iniziano le attività per la localizzazione dell'aereo, la ricerca e il soccorso ai superstiti. La direzione del traffico di soccorso è assunta dall'Ente ATS oppure dall'aeromobile giunto per primo sulla scena, finché non arrivano le unità preposte. Chi ha la direzione del traffico di soccorso, e l'aereo stesso in difficoltà, può imporre il silenzio radio alle altre stazioni.

Qualora la situazione di pericolo cessi, l'aereo che ha chiesto soccorso ne comunicherà la cessazione.

Frequenze di emergenza	Primaria	Ausiliaria
VHF	121,5 MHz	123,1 MHz
UHF	243,0 MHz ¹	282,8 MHz
HF	2.182 kHz	

Schema 5.5

Gli aeromobili devono mantenere continuamente l'ascolto sulla frequenza d'emergenza 121,5 MHz in aree o lungo rotte dove esiste la possibilità di essere intercettati oppure possono esistere altre situazioni di rischio ed è stato stabilito tale requisito da parte dell'appropriata autorità.

Gli aeromobili in volo su aree diverse dalle precedenti dovrebbero mantenere l'ascolto sulla frequenza d'emergenza 121,5 MHz il più possibile.

Lo **schema 5.5** riporta le frequenze di emergenza, primaria e ausiliaria.

1. La 243,0MHz è considerata frequenza UHF.

MESSAGGI D'URGENZA

Si definisce situazione di **urgenza** una situazione anomala riguardante l'aeromobile o un altro veicolo o persone a bordo o in vista, in cui **non è necessaria assistenza immediata**.

Il messaggio d'urgenza è preceduto da segnale "Pan Pan", preferibilmente ripetuto tre volte, e in modo che ogni parola del gruppo sia pronunciata come la parola francese "panne". Va trasmesso sulla frequenza in uso e contiene gli stessi elementi del messaggio di pericolo. In caso di non risposta dalla stazione chiamata, un'altra qualsiasi darà il ricevuto e ritrasmetterà il messaggio.

Un esempio è il seguente:

I-ABCD: PAN-PAN PAN-PAN PAN-PAN, I-ABCD passeggero con sospetto attacco cardiaco, rientra a Bresso che stima ai 50, chiede ambulanza e priorità all'atterraggio.

Milano Informazioni: I-ABCD ricevuto il pan-pan, avvisiamo l'aeroporto e richiediamo l'ambulanza.

MESSAGGI RADIOGONIOMETRICI, DI SICUREZZA, METEO E DI REGOLARITÀ DEL VOLO

I messaggi radiogoniometrici permettono di ottenere un rilevamento radiogoniometrico (linea di posizione). Sono oggi scarsamente usati, grazie alla copertura radar su tutto il territorio nazionale, copertura che rende possibile la localizzazione immediata dell'aereo (radar fix), cui può seguire, se necessario, il vettoramento.

I **messaggi di sicurezza del volo** sono quelli normalmente scambiati tra gli aerei e gli Enti ATS. In questa vasta categoria rientrano le informazioni di volo, i riporti di posizione, le autorizzazioni e anche le informazioni meteo (vento, temperatura, QNH, ecc.) dirette agli aerei in decollo e in atterraggio.

I messaggi meteorologici comprendono tutte le informazioni meteo, ad eccezione di quelle dirette agli aerei in arrivo e in partenza, che rientrano nella categoria precedente.

Infine i messaggi di regolarità del volo riguardano i voli commerciali e sono trasmessi sulla frequenza di compagnia. Contengono informazioni e disposizioni per la gestione del volo, quali ad esempio: arrivi, ritardi, dirottamenti, rifornimenti, catering, formazione equipaggi, eccetera.

AVARIA RADIO

In caso d'avaria radio il pilota deve mantenere condizioni VMC e atterrare nel più vicino aeroporto idoneo, avendo attivato sul **transponder il codice 7600C**.

Prima di concludere che c'è un'avaria radio, è opportuno controllare che interruttori e selettori siano correttamente posizionati, così pure i comandi del volume e dello squelch. È da verificare anche la frequenza impostata sia corretta: è possibile che non si riceva risposta perché la frequenza non corrisponde ad alcun Ente.

Un'occorrenza abbastanza frequente è che la stazione a terra non riesca a ricevere le trasmissioni dell'aereo perché deboli o disturbate dall'orografia, mentre l'aereo riceve quelle da terra, essendo la potenza d'emissione più elevata. Se c'è un altro aereo a quota più alta, di solito riceve ambedue le due stazioni e può fare da ponte.

Si possono però presentare vari casi di avaria radio reale, abbastanza difficili da categorizzare, casi che devono essere gestiti utilizzando il buon senso.

Qualora non si riceva risposta, perché la stazione chiamata non è operativa, si tra-

smetteranno "messaggi all'aria" per informare gli eventuali aerei circostanti, così da potersi coordinare e separare.

INDICAZIONI PRATICHE

In trasmissione per regolare il volume del segnale bisogna parlare vicino al microfono e con livello di voce un po' più alto, anche se non esageratamente (*lo stesso con cui si parla al cellulare*). Il tono dev'essere normale: toni artefatti rendono più difficile l'ascolto. La pronuncia dev'essere chiara e distinta in modo che le parole risultino ben comprensibili, la velocità quella di una normale conversazione. Il microfono va tenuto a distanza costante dalla bocca, il pulsante di trasmissione premuto completamente. Terminato il messaggio, il pulsante deve tornare nella posizione normale, per evitare di continuare a trasmettere.

La cuffia è di grande aiuto: riduce il livello di rumore, consente di comunicare con maggior chiarezza e di rispondere immediatamente, senza togliere una mano dai comandi. Prima di lasciare il parcheggio è bene posizionare il microfono in modo che il livello di trasmissione sia corretto e provare sia la radio che l'interfono.

I messaggi devono essere per quanto possibile sintetici, e pronunciati senza interruzioni. A tal fine è bene prepararli mentalmente, così da non doversi interrompere per raccogliere i pensieri e definire cosa dire. Bisogna tener presente che la frequenza è una risorsa limitata e condivisa, che non dev'essere sprecata con silenzi o parole inutili. Occuparla inutilmente impedisce agli altri di trasmettere o ricevere messaggi forse più importanti.

Selezionata una frequenza, ci si accerterà che le comunicazioni in corso siano state completate: inserirsi prima che una trasmissione sia conclusa causa equivoci e ripetizioni. Trasmettere contemporaneamente a un'altra stazione rende le comunicazioni incomprensibili, obbligando alla ripetizione di ambedue i messaggi.

Il pilota non deve esitare a farsi ripetere i messaggi sino a quando non li ha compresi senza equivoci.

La base per corrette comunicazioni è conoscere la regolamentazione aerea e, in particolare, funzioni e servizi dell'Ente ATS con cui si è in contatto. I messaggi hanno struttura e contenuti fissi: conoscerli agevola la comprensione. Prevedere quali informazioni saranno date e richieste, rende più veloce la comunicazione.

La chiamata iniziale serve a stabilire il contatto e deve contenere solo:

1. nominativo dell'Ente chiamato
2. nominativo del chiamante

Stabilito il contatto, nei messaggi successivi si aggiungerà il testo al 3° posto. La struttura di un rapporto di posizione, il messaggio più frequente, è articolata sui seguenti punti:

1. nominativo dell'Ente chiamato
2. nominativo del chiamante
3. testo del messaggio che contiene:

- a) **marche** e, solo nel 1° messaggio, tipo d'aereo e (con/senza) piano di volo
- b) **orario, posizione e quota**
- c) **prossimo punto di riporto e stimato**
- d) **punto di riporto successivo**

- 6 -

NAVIGAZIONE

La navigazione è la tecnica per spostarsi con precisione e rapidità da un punto all'altro sulla Terra. Prerequisito per una navigazione precisa è una pianificazione accurata, che si conclude con la stesura del "piano di volo", che permetterà di seguire la rotta voluta e correggere gli scostamenti.

L'espressione "piano di volo" è il termine aeronautico per una attività che facciamo normalmente prima di metterci in viaggio, ma anche per recarci da un punto all'altro della nostra città. In base all'orario di arrivo stimiamo il tempo necessario e quindi l'orario di partenza; se non conosciamo la zona ci facciamo indicare qualche punto di riferimento per non perderci; i più precisi e tecnologici imposteranno poi la destinazione sul navigatore GPS. Durante il percorso sapere sempre dove ci si trova, e nel caso si sia fuori dal percorso pianificato, come orientarsi e riprendere la giusta direzione è importante, per evitare di accumulare chilometri in tentativi disorganizzati.

Le tecniche di navigazione aeronautica non sono dissimili da quelle della navigazione marittima o terrestre, se non per la terza dimensione coinvolta e i diversi e più raffinati strumenti e supporti.

La tecnica più semplice è la navigazione osservata: significa procedere da un punto di riferimento al successivo, ammesso che questo sia già in vista. Se invece non è in vista si può ricorrere alla navigazione stimata, che si basa sulla stima della posizione in base alla velocità e alla direzione tenute, e al tempo trascorso. Nella pratica la navigazione stimata, la cui precisione si degrada col procedere del volo, e la navigazione osservata, che si basa sul riconoscimento dei riferimenti designati nella fase di pianificazione e consente di azzerare l'errore grazie a tale riscontro, si completano e sono usate congiuntamente.

La radionavigazione è il metodo più moderno che, utilizzando le emissioni di radiofari, presenta le informazioni di rotta, elaborate dall'elettronica di bordo, su vari strumenti. Questo metodo non dipende dal riconoscimento di riferimenti al suolo (i punti caratteristici sono i radiofari stessi) e permette di volare con visibilità esterna nulla.

Tra i sistemi di radionavigazione il più avanzato è il GPS. È basato su una costellazione di satelliti artificiali in orbita attorno alla Terra; i segnali che emettono consentono al ricevitore GPS, tramite una complessa serie di calcoli, la determinazione della posizione. Il GPS ha portato un più alto livello di precisione e una semplicità di uso che induce alla dipendenza. Come tutti i sistemi, anch'esso può talora non funzionare: è quindi prudente non affidarsi in modo esclusivo.

L'approccio professionale è utilizzare tutte le tecniche e i sistemi a disposizione, approccio che protegge nel caso di malfunzionamento di un sistema. Il pilota di SAPR avrà pianificato il volo e, in fase di esecuzione, oltre ad usare il GPS sfrutterà i riferimenti pianificati. Nel corso del volo, anche se eseguito in modo automatico, magari anche col supporto FPV, in ogni momento conoscerà la posizione dell'APR e la rotta di rientro, per poter prendere direttamente il controllo della navigazione.

I CAPITOLO - Geografia e carte

La forma della Terra è una sfera leggermente schiacciata ai Poli. La differenza percentuale degli assi equatoriale e polare è così piccola che è possibile considerarla una sfera ai fini della navigazione.

La Terra compie due movimenti principali: Rotazione attorno al proprio asse e Rivoluzione attorno al Sole. La rotazione origina il giorno e la notte e avviene in ≈ 24 ore; la durata varia con la posizione della Terra lungo l'orbita. A causa della rotazione il Sole sembra percorrere 360° di longitudine in 24 ore, o 15° in un'ora, o 1° ogni 4 minuti.

La rivoluzione attorno al Sole avviene in poco più di 365 giorni. L'asse maggiore dell'ellisse percorso dalla Terra nel moto di rivoluzione congiunge il punto di massima distanza dal Sole, il 21 giugno, a quello in cui, il 21 dicembre, si trova più vicina al Sole e si chiama **linea degli apsidi**¹.

L'Asse di Rotazione Terrestre (Rotation Axis) non è perpendicolare al piano dell'orbita (Ecliptic) ma inclinato di $23^\circ 27'$ rispetto alla perpendicolare, inclinazione che origina l'avvicinarsi delle stagioni.

Nella **figura 6.1** si vedono il Globo Terrestre, il piano dell'Eclittica (Ecliptic), l'Equatore Celeste e l'angolo (Axial tilt) tra la perpendicolare all'eclittica e l'Asse di Rotazione Terrestre (Rotation Axis). Sono indicati il senso di rotazione e la direzione lungo l'orbita del moto di rivoluzione (Orbit direction).

Tra i movimenti secondari del nostro pianeta è da ricordare la **nutazione**: l'asse terrestre, mantenendo invariata l'inclinazione sul piano dell'Eclittica, ruota, a guisa di trottola, descrivendo la superficie di un cono. Un giro completo è compiuto in circa ventiseimila anni. Questo moto origina la **precessione degli equinozi**: un lentissimo spostamento del punto in cui il Sole sorge all'Equinozio di Primavera rispetto alle Costellazioni dello Zodiaco.

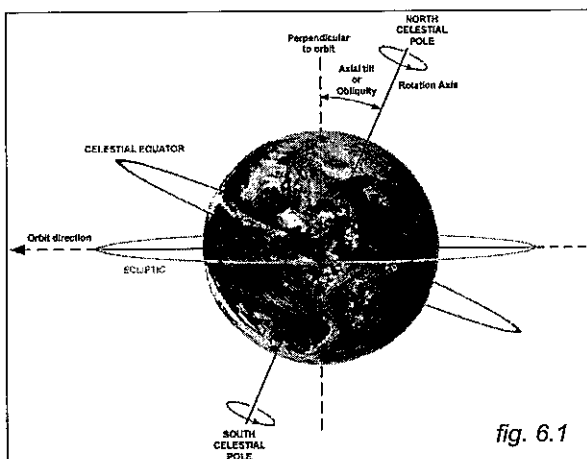


fig. 6.1

LATITUDINE E LONGITUDINE

Si chiamano Poli i punti d'intersezione dell'asse di rotazione con la superficie terrestre.

I meridiani sono le semicirconferenze tracciate sulla superficie terrestre da piani che contengono l'asse di rotazione. Anche se teoricamente in numero infinito, in pratica se ne considerano 360, quanti i gradi dell'angolo giro.

I paralleli sono le circonferenze tracciate sulla superficie da piani perpendicolari all'asse terrestre. La circonferenza massima, situata a metà strada tra i due Poli, si chiama

¹ Le date degli equinozi e dei solstizi variano, di poco, negli anni. Quelle indicate si riferiscono al 2015.

Equatore. I paralleli hanno diametro decrescente allontanandosi dall'Equatore; anch'essi infiniti, se ne considerano 180: 90 a Sud e 90 a Nord dell'Equatore.

L'assieme di Paralleli e Meridiani costituisce il **Reticolo Geografico**, che permette di identificare un punto sulla superficie terrestre dandone le coordinate, cioè le distanze angolari dall'Equatore e da un meridiano fondamentale. Come origine delle coordinate è stata assunta l'intersezione tra l'Equatore e il Meridiano di Greenwich a Londra.

La **longitudine di un punto** è la **distanza angolare dal meridiano di riferimento di Greenwich**, misurata lungo il parallelo passante per il punto; va da 180°Ovest a 180° Est; sono considerate positive le longitudini Est.

La **latitudine di un punto** è la **distanza angolare dall'Equatore** misurata sul meridiano passante per il punto; va da 90°Sud (Polo Sud) a 90°Nord (Polo Nord); sono considerate positive le latitudini Nord, negative quelle Sud.

La differenza di latitudine o longitudine tra due punti è data dalla loro differenza algebrica.

La **figura 6.2** mostra il meridiano fondamentale di Greenwich col suo l'antimeridiano (linea tratteggiata), e il piano dell'Equatore che è il parallelo fondamentale. La longitudine e la latitudine del punto B sono date rispettivamente dall'angolo $\angle E/W$ o $\angle Q$ (evidenziato) e dall'angolo $\angle Q O B$.

Per indicare le coordinate di un punto si indica prima la latitudine, espressa in gradi, primi e secondi (gg.pp.ss N/S); poi la longitudine (ggg.pp.ss E/O). Nei sistemi di navigazione, al posto dei minuti secondi, sono utilizzati i centesimi o i millesimi di primo (gg.pp.mmm N/S) e (ggg.pp.mmm E/O), per avere una miglior definizione.

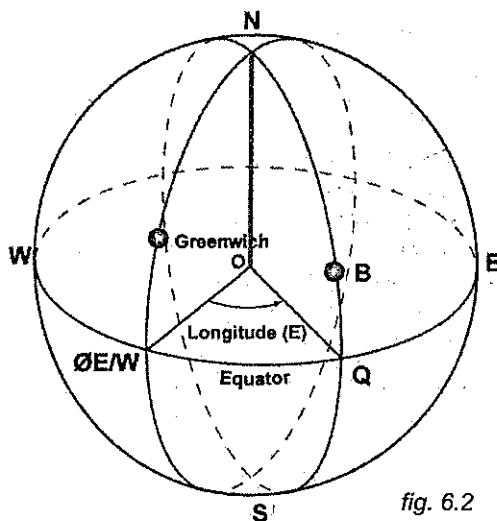


fig. 6.2

La latitudine, indicata dagli astronomi con la lettera greca ϕ , può essere determinata misurando col sestante l'elevazione sull'orizzonte di un astro, ad esempio il Sole o la Stella Polare.

La longitudine, indicata con la lettera greca λ , può essere calcolata dalla differenza tra l'orario locale di un punto e quello di un meridiano di riferimento.

STAGIONI, SOLSTIZI ED EQUINOZI

Grazie all'inclinazione dell'asse terrestre varia la quantità di calore ricevuta nel corso dell'anno da una data zona e avviene l'alternarsi delle stagioni. Per metà dell'anno l'emisfero Nord della Terra è inclinato verso il Sole, col massimo raggiunto il 21 giugno, nell'altra metà è invece l'emisfero Sud ad essere inclinato verso il Sole.

All'Equinozio di Primavera, identificato astronomicamente come "punto γ " dell'eclittica, i raggi sono perpendicolari all'Equatore: in tutto il globo la durata del giorno è eguale a quella della notte. È il 20 marzo e all'Equatore il Sole sorge esattamente ad Est e tramonta ad Ovest. Ciò capita due volte nell'anno, agli equinozi: di Primavera il 20 marzo e d'Autunno il 23 settembre.

Il 21 giugno il Sole ha raggiunto il punto più alto nel cielo e i suoi raggi sono perpendicolari al parallelo di latitudine 23°27'N, chiamato Tropic del Cancro e non arrivano ad

illuminare la Terra più a sud del parallelo $66^{\circ}33'S$ chiamato Circolo Polare Antartico. Il contrario accade al solstizio d'inverno il 21 dicembre.

Il moto di rivoluzione della Terra attorno al Sole e l'inclinazione dell'asse terrestre definiscono quattro importanti paralleli: il Tropico del Cancro ($23^{\circ}27'N$) e il Circolo Polare Artico ($66^{\circ}33'N$) nell'emisfero Nord e i loro omologhi nell'emisfero Sud: Tropico del Capricorno e Circolo Polare Antartico.

I giorni in cui i raggi del Sole sono perpendicolari ai Tropici sono chiamati solstizi. Il nome solstizio (fermata del Sole) deriva dal fatto che a un osservatore sulla Terra il Sole sembra arrestare il movimento che, giorno dopo giorno, l'ha portato a elevarsi (o ad abbassarsi) sempre più nel cielo, per poi invertirlo. Nel nostro emisfero Nord al solstizio d'inverno il Sole è al punto più basso, riprenderà poi a elevarsi nel cielo. Al solstizio d'estate, la durata del giorno è massima nell'emisfero Nord, minima nell'emisfero Sud; il contrario accade al solstizio d'inverno. Solstizi ed equinozi definiscono le stagioni; nell'emisfero Sud differiscono per sei mesi: c'è Autunno quando da noi c'è Primavera, ecc.

ORARIO UTC

Il giorno solare vero, l'intervallo occorrente affinché un meridiano grazie alla rotazione terrestre, si riporti nella direzione del Sole, è maggiore, seppur di poco, del tempo necessario alla rotazione perché nel frattempo la Terra è avanzata lungo la sua orbita. La differenza varia nel corso dell'anno, perché varia la velocità della Terra lungo l'orbita.

Per eliminare i problemi che un giorno di durata variabile avrebbe comportato è stato definito il "giorno solare medio". Questo è stato diviso in 24 ore, ognuna formata da 60 minuti, ognuno formato da 60 secondi. Per lo stesso motivo è stato definito l'anno civile, costituito da 365 giorni solari medi e con 366 giorni (anno bisestile) ogni 4 anni, con l'eccezione degli anni centenari non multipli di 400.

Per convenienza il globo terrestre è stato suddiviso in 24 spicchi, chiamati fusi orari, ciascuno ampio 15° di longitudine e tracciati in modo da rispettare per quanto possibile i confini degli Stati. L'ora in ogni fuso è quella del meridiano centrale ed ha il nome di tempo medio civile. Il fuso che contiene il meridiano base di Greenwich è chiamato zero o Zulu. I fusi a Est di Greenwich hanno orario maggiore (*il tempo è più vecchio*), a Ovest orario minore.

Sulla Terra in ogni momento vi sono due date: la zona in cui è già cominciato il nuovo giorno va dal meridiano su cui è mezzanotte sino all'antimeridiano di Greenwich, detto linea del cambiamento di data.

Per la navigazione aerea è conveniente avere un unico orario su tutto il Globo. È stato a tal fine assunto l'orario medio del meridiano di Greenwich, ed è stato chiamato UTC (Universal Time Coordinated). L'orario UTC è espresso da un gruppo di 4 cifre col formato: "hhmm"; i secondi sono arrotondati al minuto superiore o inferiore.

CARTE GEOGRAFICHE

Trasferire su una carta la superficie curva della Terra, porta inevitabilmente a deformazioni e a compromessi. Non è possibile conservare tutte le caratteristiche: l'egualianza degli angoli, la proporzionalità delle distanze, la similitudine delle forme, l'equivalenza delle aree.

Vi sono due caratteristiche che è necessario conservare affinché una carta possa essere utilizzata per la navigazione. Gli angoli sulla carta devono essere uguali a quelli

sul terreno: **isogonia**, le distanze devono essere proporzionali a quelle reali secondo un fattore costante: **equidistanza**.

La prima è indispensabile per tracciare le rotte, la seconda per misurare le distanze. Il rapporto tra una lunghezza misurata sul terreno e quella sulla carta si chiama **scala della carta**. Ad esempio la distanza di 1 cm su una carta con scala 1:500.000 corrisponde a una distanza reale di 5 km, 1 cm su una carta con scala 1:200.000 corrisponde a 2 km.

Stabilita la corrispondenza tra i punti sulla carta e quelli sulla superficie terrestre, è possibile tracciare sulla carta la rotta, ossia il percorso per andare dal punto di partenza al punto d'arrivo, e, in navigazione, seguire la rotta pianificata.

CARTE STRADALI E AERONAUTICHE

Esistono diversi tipi di carte, in dipendenza dal metodo utilizzato per trasferire sul foglio le caratteristiche della superficie terrestre. La carta più diffusa per la navigazione aeronautica a medio raggio e per le carte stradali è la "**Lambert modificata**". È **isogona** e nell'area rappresentata in pratica la **scala è costante**.

I meridiani sono rette convergenti al polo (la convergenza è minima) e i paralleli sono archi di cerchio con la concavità rivolta verso il polo (la concavità è minima). Sulle carte sono disegnati regoli in km e in miglia per misurare le distanze. L'angolo di rotta si rileva con un goniometro, misurando l'angolo tra la direzione della rotta e il meridiano che passa per il punto medio della tratta per la massima precisione.

Le carte geografiche aeronautiche rappresentano il territorio evidenziando gli elementi che possono aiutare a identificare la posizione e a navigare. Oltre a: fiumi, laghi, coste, monti, eccetera, riportano: città, autostrade e ferrovie, e altri elementi come antenne radio e ciminiere, che possano essere utili riferimenti o rappresentare ostacoli. L'elevazione del terreno è rappresentata con curve di **livello** o **ipsometriche**, che congiungono i punti che si trovano alla stessa altezza. Sono tracciati gli spazi aerei, con i loro confini, orizzontali e verticali, sono indicati gli aeroporti e le aviosuperfici ed i radiofari con le relative frequenze.

La scala 1:500.000, usata per la navigazione VFR a medio raggio, consente di rappresentare solo elementi di una certa grandezza; carte con scala minore (1:200.000÷1:250.000) coprono aree più piccole, offrendo maggiori dettagli.

Le carte VFR 1:500.000 sono prodotte dall'AMI a standard ICAO e dalla Jeppesen in formato elettronico.

Le carte stradali hanno scale che per le mappe cittadine possono scendere sino a 1:10.000 (1 cm su questa carta corrisponde a una distanza sul terreno di 100 m) ed evidenziano gli elementi di interesse commerciale e turistico. Scale ancora minori sono utilizzate per le costruzioni.

II CAPITOLO - La navigazione stimata e osservata

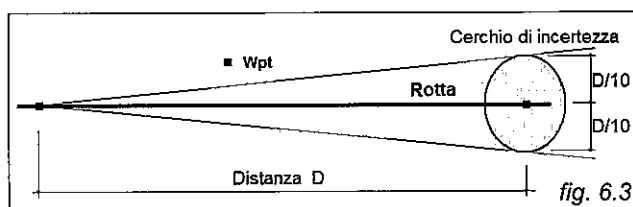
La navigazione osservata è basata sul riconoscimento di riferimenti geografici naturali, o artificiali, che consentano di stabilire la posizione e mantenere la direzione. Se appena decollati si avesse già in vista il primo riferimento, ivi giunti il secondo, una volta sul secondo il terzo e così via, sarebbe possibile completare un volo senza necessità di strumenti di navigazione, portandosi da un riferimento al successivo. Nella realtà condizioni così ideali si realizzano ben raramente, e non solo per la mancanza di visibilità, non sempre ottimale.

La navigazione stimata è la più semplice forma di navigazione che non dipenda da riferimenti al suolo. Partendo da una posizione nota, si stimano quelle successive sulla base della direzione di volo, della velocità tenuta e del tempo trascorso. In fase di pianificazione, nota la lunghezza di una tratta e decisa la velocità, si calcola il tempo occorrente; nel corso del volo dal tempo trascorso si può stimare la distanza. Gli unici strumenti necessari sono: un buon orologio, una bussola affidabile e l'indicatore di velocità (anemometro).

La stima della posizione è influenzata dalla variabilità della velocità, a causa della (im)precisione di pilotaggio e dell'effetto del vento, sempre presente. La precisione diminuisce in ogni caso col trascorrere del tempo, ed è quindi indispensabile a intervalli regolari azzerare l'errore, ristabilendo la posizione esatta con un riferimento geografico. Stanti la facilità, la precisione e l'operatività ogni-tempo della radionavigazione, si tende a trascurare questo metodo, che peraltro si rivela prezioso in caso di avaria degli strumenti, ed è sempre utile per verificarne le informazioni.

Si chiama **cerchio d'incertezza** (figura 6.3) l'area in cui verrà a trovarsi la posizione reale dell'aereo rispetto a quella stimata. Secondo una valida regola empirica, col 90% di probabilità, trascorso il tempo t , l'aereo si troverà all'interno di un cerchio avente il centro

sulla posizione stimata, e **raggio il 10% della distanza percorsa D** . Ad esempio se la tratta è lunga 5 o 50 km, l'aereo non sarà distante più di 500 m o 5 km dal punto previsto.



EFFETTO DEL VENTO

Un aeromobile **vola immerso in un volume d'aria che, se c'è vento, si sposta rispetto al terreno**. La velocità al suolo (**GS**) è la somma vettoriale della velocità all'aria (**TAS**) e della velocità del vento (**Wind**). Il comportamento aerodinamico dell'aeromobile dipende dalla velocità relativa all'aria e non è influenzato dal vento, se costante e non turbolento. Analogamente una barca che naviga in un fiume ha rispetto all'acqua una certa velocità, che ne determina il comportamento idrodinamico (ad esempio la planata); la velocità rispetto alle rive dipende anche dalla velocità della corrente.

In basso nella figura sono evidenziati i vettori: **TAS** e **Wind**, e il vettore somma: **GS**. Il triangolo che formano è il "triangolo del vento".

La **figura 6.4** mostra il volume d'aria, esemplificato come un parallelepipedo, in cui si trova l'aereo. L'istante iniziale è raffigurato a sinistra (parallelepipedo con linea a tratti). Trascorso un intervallo Δt , l'aereo è avanzato entro il "parallelepipedo" nella direzione della **TAS** (045°) per una distanza data dal prodotto della velocità per il tempo trascorso: **TAS** $\cdot\Delta t$. Contemporaneamente il "parallelepipedo" d'aria si è spostato nella direzione del vento (090°) di una distanza **Wind** $\cdot\Delta t$. Lo spostamento rispetto al suolo è: **GS** $\cdot\Delta t$.

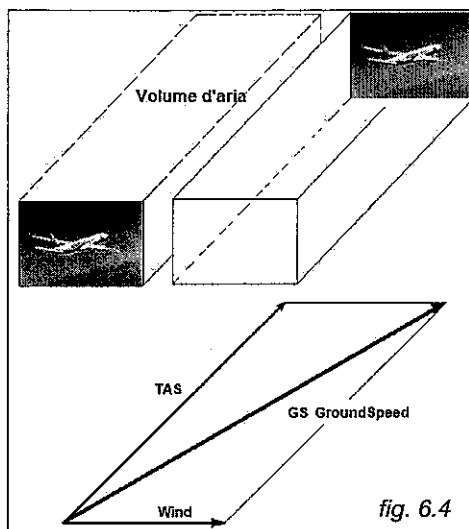


fig. 6.4

ROTTE E PRUE

Il percorso che si intende seguire è rappresentato da un segmento orientato che va dal punto di partenza a quello d'arrivo. La direzione è definita dall'angolo che il segmento orientato forma rispetto al Nord, detto **angolo di Rotta** o semplicemente **Rotta (Course)**. La rotta nella **figura 6.5** è verso Sud Est.

A seconda che si faccia riferimento al Nord Vero (Nv) oppure al Nord Magnetico (Nm) la rotta è chiamata:

- Rotta Vera (**TC True Course**),
- Rotta Magnetica (**MC Magnetic Course**), se ci si riferisce, com'è necessario in navigazione, alla bussola di bordo si ha la:
- Rotta Bussola (**CC Compass Course**).

La rotta reale è sempre la stessa, cambia il sistema di riferimento. La **fig. 6.5** mostra le relazioni tra Nord Vero (Nv), Magnetico (Nm) e Nord Bussola (Nb) e gli angoli di rotta, rispettivamente: TC, MC, CC. La differenza tra Nv e Nm è la declinazione **d**, tra Nm e Nb è la deviazione **δ**. Dal disegno si vede che²:

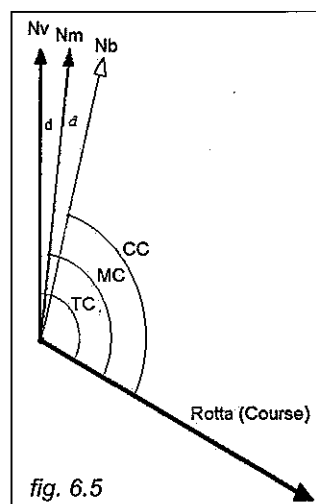


fig. 6.5

- $MC = TC - d$ la rotta magnetica si ottiene dalla rotta vera sottraendo la declinazione,
- $CC = MC - \delta$ la rotta bussola si ottiene dalla rotta magnetica sottraendo la deviazione,
- $CC = MC - \delta = TC - d - \delta$ è la conseguenza delle precedenti relazioni.

La rotta è il percorso rispetto al suolo, la Prua (Heading) è l'angolo che l'asse longitudinale dell'aeromobile forma con la direzione del Nord. Prua e rotta sono eguali solo qualora non ci sia una componente di vento al traverso; altrimenti differiscono per l'an-

2. Declinazione e deviazione sono state disegnate verso Est; le relazioni sono valide in tutti i casi, purché declinazione e deviazione abbiano il segno corretto: positivo verso Est e negativo verso Ovest.

golo di correzione deriva: WCA (Wind Correction Angle).

La prua riferita la Nord geografico: Prua Vera (TH True Heading) differisce dalla rotta per l'angolo di correzione del vento, ossia:

$TH = TC + WCA$ (se il vento viene da destra la prua è maggiore della rotta, se da sinistra è minore).

Anche per la prua si distingue tra: Prua Vera (TH), P. Magnetica (MH), P. Bussola (CH) e le relative relazioni sono analoghe a quelle per le rotte.

PIANIFICAZIONE DELLA NAVIGAZIONE

Una rotta è un percorso tra due punti (Waypoint Wpt) di cui sono date le coordinate geografiche, che possono essere rilevate sulla carta geografica o sulla mappa di un navigatore GPS. Nel seguirla sono d'aiuto costruzioni caratteristiche, quali antenne, ciminiere, ... o elementi geografici come rilievi, eccetera.

La rotta dovrà evitare gli aeroporti e gli spazi controllati (a meno di aver ottenuto l'autorizzazione da ENAC) e le zone proibite. Ci sono zone regolamentate nelle quali l'accesso è soggetto a certe condizioni (ad esempio non è possibile nei giorni feriali ma in quelli festivi sì o viceversa, oppure ci sono limitazioni di orario) e zone pericolose in cui, ad esempio, ci sono esercitazioni militari a fuoco. Di alcune città è vietato il sorvolo, di altre è consentito rispettando una quota minima.

CALCOLO DELLA ROTTA

Stante il basso valore della declinazione magnetica in Italia, utilizzare rotte vere oppure magnetiche, per quanto non equivalente, non porta a grandi errori. È preferibile, per rendere più semplice la pianificazione, utilizzare rotte vere per convertirle poi in magnetiche. Molti APR sono dotati di sensore magnetico e possono utilizzare rotte magnetiche. Nei navigatori GPS, una volta immessa la declinazione del luogo, è possibile utilizzare l'uno o l'altro riferimento.

Nella pianificazione del volo, la rotta vera (TC) o quella magnetica (MC) saranno scritte nel piano di volo operativo. Anche se è possibile far fare i calcoli al navigatore e memorizzare il piano di volo sul navigatore stesso, non è una cattiva idea verificarne la congruità sulla carta geografica e tracciare il percorso sulla carta.

La declinazione d si ricava dalla carta geografica, leggendo sulle isogone che comprendono il percorso e interpolando. La rotta vera si rileva sul meridiano passante per il punto medio di ogni tratta; per trovare la rotta magnetica si usa la relazione già vista:

$$MC = TC - d$$

In pratica c'è sempre vento. Se il vento è previsto teso è opportuno in fase di pianificazione calcolarne l'effetto sulla velocità al suolo e sul tempo di volo e verificare l'autonomia. Il vento frontale riduce la velocità al suolo, quello in coda la aumenta; l'effetto dipende dalla direzione del vento rispetto alla rotta. Il calcolo richiede un calcolatore aeronautico; per cautelarsi sull'autonomia si può considerare in ogni caso il vento al valore pieno.

La deriva sarà compensata in volo, in modo quasi automatico, rilevando lo spostamento rispetto ai riferimenti al suolo e correggendolo se si opera in manuale o semiautomatico. Se la rotta è seguita in modo automatico col GPS, e la funzione è disponibile, è lo stesso navigatore a compensare il vento per portarsi da un waypoint al successivo.

III CAPITOLO - Radionavigazione

Allo scopo di assicurare l'affidabilità e la regolarità necessarie nell'aviazione commerciale, negli anni sono stati introdotti sistemi di radionavigazione sempre più evoluti per consentire le operazioni anche con visibilità scarsa o nulla. Stazioni situate a terra e satelliti in orbita emettono segnali radio, tradotti dagli apparati di bordo in informazioni di posizione e di rotta. La radionavigazione rende possibile navigare con precisione anche in assenza di riferimenti visivi.

Il sistema VOR/DME è stato adottato dall'ICAO come standard per la navigazione aerea a medio raggio dall'inizio degli anni '50, e costituisce tuttora l'infrastruttura base per la navigazione strumentale.

Installazione e manutenzione dei radiofari sono impossibili sui mari o in aree inaccessibili. Il Sistema di Navigazione Inerziale (INS) permise di rendere la navigazione indipendente da stazioni a terra. L'INS fornisce la posizione e le informazioni di rotta in modo autosufficiente utilizzando sensori che rilevano le accelerazioni dell'aereo. Dalle accelerazioni, mediante integrazioni successive, calcola velocità e spostamenti. Nota la posizione di partenza, può calcolare quella corrente. Col progredire del volo la precisione si degrada, ma l'errore può essere azzerato immettendo nel sistema la posizione reale, ricavata da un riferimento esterno. L'INS costituisce oggi un importante componente del sistema integrato di navigazione ed è disponibile anche per gli aerei leggeri.

Il sistema GPS, il più recente e il più preciso, utilizza le radio-emissioni di una costellazione di satelliti artificiali, che assicurano la copertura in pratica totale del globo terrestre. Grazie alla precisione e affidabilità, sta divenendo il sistema primario per la navigazione. Coadiuvato da stazioni a terra che ne innalzano la precisione, potrà supportare anche gli avvicinamenti strumentali.

I sistemi integrati di navigazione odierna utilizzano molti dei metodi esposti.

Le informazioni provenienti dai vari apparati confluiscono nel Flight Management System (FMS) ove sono mediate applicando parametri che tengono conto delle caratteristiche specifiche. La precisione dell'INS, massima alla partenza, si degrada col tempo, quella di un rilevamento VOR decresce con la distanza dalla stazione, la precisione del GPS dipende principalmente dalla geometria dei satelliti rispetto all'aereo. Il sistema stima la posizione, calcola la velocità al suolo, gli orari previsti sui punti successivi, il vento in rotta, eccetera. La posizione e i dati di navigazione sono presentati utilizzando la tecnologia "Glass Cockpit".

LE ONDE RADIO

Un'onda radio è una perturbazione elettromagnetica che si propaga nello spazio; è costituita da un campo elettrico e uno magnetico, variabili nel tempo con legge periodica. La velocità di propagazione è eguale per tutte le onde elettromagnetiche; nel vuoto è la velocità della luce, indicata con la lettera $c = 300.000$ km/s.

Le onde radio emesse da un'antenna omnidirezionale si propagano in tutte le direzioni, in linea retta. Le posizioni di un'onda in istanti successivi sono superfici sferiche di raggio crescente. Si possono paragonare ai cerchi prodotti gettando un sasso nell'acqua di uno stagno, cerchi che si allargano dall'origine. Utilizzando antenne direzionali le onde possono essere convogliate nella direzione voluta, a formare fasci più o meno stretti.

Nella **figura 6.6** è rappresentata un'onda radio. In ordinate compare l'ampiezza (A), che misura lo spostamento dalla posizione di equilibrio; in ascisse si può avere il tempo oppure la distanza dall'origine. Nel primo caso, il grafico dà il valore dell'onda in un dato punto in funzione del tempo. Se invece in ascisse c'è la distanza, il grafico fotografa l'onda in un dato momento e ne mostra l'ampiezza in funzione della distanza dall'origine. Si riconoscono:

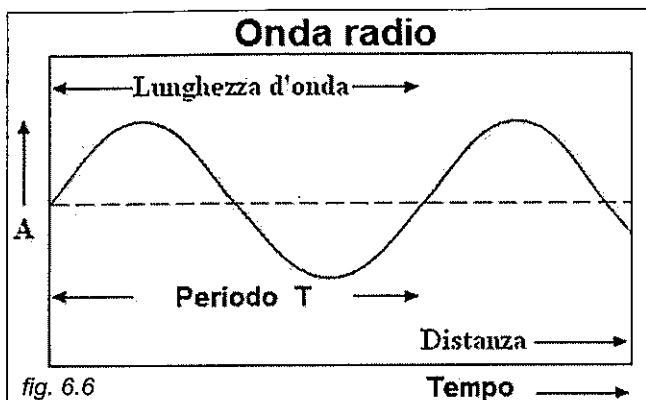


fig. 6.6

• A [m] l'ampiezza o spostamento dalla posizione d'equilibrio - **misura l'energia associata all'onda**;

• T [s] il periodo o tempo necessario per compiere un'oscillazione completa;

• f [Hz] la frequenza ossia il numero di cicli completi compiuti in un secondo;

• λ [m] la lunghezza d'onda ossia lo spazio percorso dall'onda nel tempo T .

Lunghezza d'onda λ e frequenza f sono legate dalla relazione: $\lambda = c/f$ o anche $\lambda = c \cdot T$. La lunghezza d'onda si ottiene dividendo la velocità di propagazione per la frequenza: un'onda radio con frequenza di 100 MHz ha una lunghezza $\lambda = 300.000 \text{ [km/s]} / 100 \text{ [MHz]} = 3 \text{ m}$.

Il modo di propagazione primario delle onde elettromagnetiche è per **"onda diretta"**: l'onda si propaga dalla sorgente in linea retta e in tutte le direzioni. Tra sorgente e ricevente non devono esserci ostacoli, che bloccherebbero l'onda. Questo modo di propagazione è anche detto **"per linea ottica"**, perché le due stazioni si devono "vedere" e si ha per tutte le frequenze. È in pratica l'unico modo per onde con frequenza maggiore di 30 MHz.

Modi secondari, che esistono in dipendenza dalla frequenza, sono: per **onda terrestre** e **per onda celeste**. L'onda terrestre segue la superficie del suolo, e si attenua rapidamente col crescere della distanza dall'antenna. Si chiama onda celeste, l'onda riflessa dagli strati ionizzati che si trovano negli strati più alti dell'atmosfera, ad altezze tra $\approx 50 \text{ km}$ e $\approx 500 \text{ km}$ (la **tropopausa** è a 11 km). L'onda riflessa dagli strati ionizzati, può essere nuovamente riflessa dalla superficie terrestre, se possiede ancora abbastanza energia. La **tabella 6.7** riporta le gamme d'onda dalle HF alle UHF, mostrandone frequenze, lunghezze d'onda, tipo di propagazione e alcuni impieghi.

	Onde	F	λ	Propagazione per onda	Impiego
HF	Corte	3 - 30 MHz	100 - 10 m	Diretta, celeste, terrestre	Comunic.radio, CB (Citizen Band) attorno a 27 MHz
VHF	Cortissime	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Diretta (linea ottica)	Comunic.radio, VOR, TV, cellulari
UHF	Ultracorte	0,3 - 3 GHz	100 - 10 cm	Diretta (linea ottica)	Comunic.radio, Transponder, Radar, GPS, TV, cellulari, SAPR

Tabella 6.7

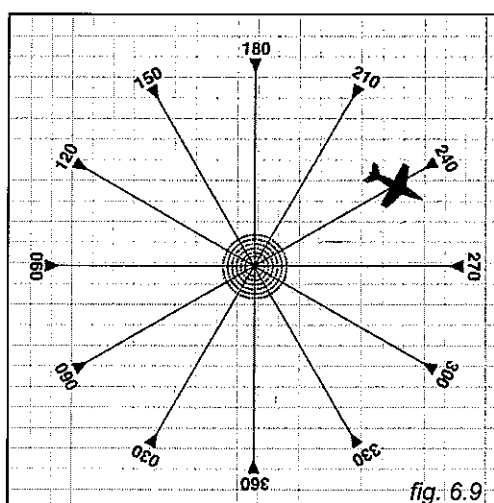
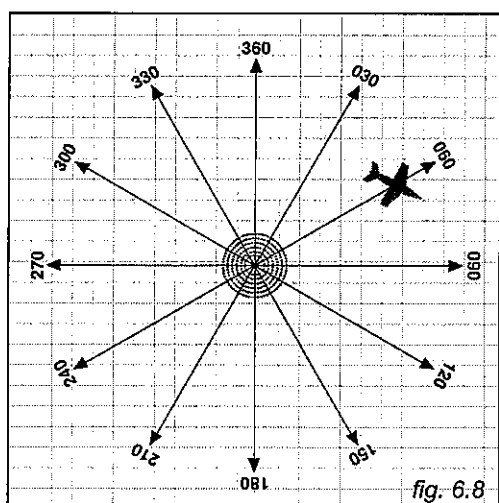
Le frequenze VHF e UHF non subiscono interferenze da parte delle scariche elettriche dei temporali e l'attenuazione da parte delle particelle dell'atmosfera è minima. Sono usate per le comunicazioni radio e per la radionavigazione. Le microonde, onde con frequenza >1 GHz, hanno elevatissima precisione e direttività: sono utilizzate per il radar e il GPS.

RADIONAVIGAZIONE - VOR

Il VOR (Very high frequency Omnidirectional Range) è il sistema ICAO di radioguida per la navigazione a corto e medio raggio. La rete dei radiofari VOR conta oggi oltre 3.000 unità nel mondo.

Le onde elettromagnetiche emesse tracciano nello spazio radiosentieri (radiali) che si dipartono dal radiofaro e possono essere percorsi in avvicinamento o in allontanamento. Lo strumento di bordo mostra la linea di posizione, o rilevamento, su cui si trova l'aereo rispetto al radiofaro.

La **linea di posizione è la semiretta che va dalla stazione all'aereo**: l'aereo può trovarsi in qualunque punto su questa linea, e con qualunque prua.



La **figura 6.8** a sinistra mostra la rosa dei rilevamenti magnetici (il Nord è quello magnetico) diretti (dalla stazione all'aereo), ad intervalli di 30° . L'aereo si trova sul rilevamento QDR = 060° ed ha prua 120° . QDR è il nome della rotta magnetica per allontanarsi da un radiofaro per la via più breve. I rilevamenti non dipendono dalla prua.

La **figura 6.9** a destra mostra la rosa dei rilevamenti magnetici inversi: lo stesso aereo, nella stessa posizione della fig. 6.8 ha anche QDM = 240° . QDM è il nome della rotta magnetica per portarsi su un radiofaro per la via più breve.

CARATTERISTICHE E FUNZIONAMENTO

Le onde elettromagnetiche emesse dai radiofari VOR sono onde metriche ($\lambda \approx 3$ m), che si propagano solo in linea ottica. Assicurano precisione elevata e hanno il vantaggio d'essere insensibili alle perturbazioni atmosferiche.

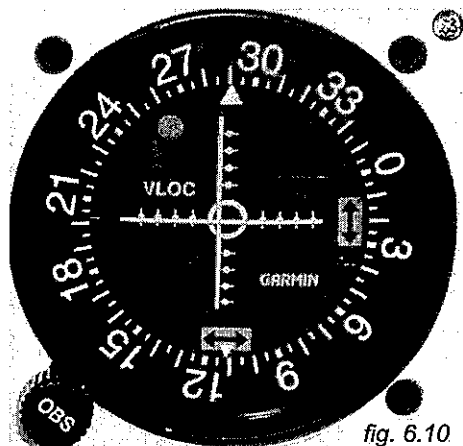
I radiofari VOR operano nella banda VHF da 108,00 MHz a 117,95 MHz, con intervalli

di 50 kHz. Oltre ai segnali di navigazione, emettono in Morse il proprio nominativo; possono inoltre diffondere informazioni in fonìa. Sono dotati di circuiti d'autocontrollo che verificano precisione e potenza del segnale e, se questi non rientrano nei valori prestabiliti, non trasmettono il nominativo Morse.

Il segnale che arriva al ricevitore VOR è correlato alla linea di posizione dell'aereo rispetto al radiofaro e permette di ottenere i rilevamenti magnetici diretto: QDR e inverso: QDM.

Per gli avvicinamenti strumentali è usato il sistema ILS, che oltre alla guida nel piano orizzontale, fornisce il piano ottimale di discesa. Il quadrante si presenta come nella **figura 6.10**, in cui sono riconoscibili le due lancette: verticale e orizzontale; quest'ultima appare solo quando l'apparato riceve i segnali di un ILS.

La **figura 6.10** mostra il quadrante dello strumento; si può notare al centro il lungo ago verticale: è il CDI (Course Deviation Indicator), l'indicatore che mostra lo scostamento dalla rotta scelta. La corona graduata dei 360° è fatta ruotare col pomello in basso a sinistra (OBS) in modo da selezionare una rotta, portandola sulla sommità del quadrante: è 290°, il CDI è quasi centralizzato. L'ago orizzontale indica la posizione rispetto al sentiero di discesa. Le finestrelle con le frecce appaiono se lo strumento non riceve il segnale relativo.



DME

Il DME (Distance Measuring Equipment) calcola la distanza di un aereo da un radiofaro DME, rilevando il tempo necessario a un'onda elettromagnetica per compiere il percorso aereo→stazione→aereo. La distanza orizzontale è minore di quella obliqua, la differenza è trascurabile salvo che l'aereo sia molto vicino alla stazione o la quota sia molto elevata. Il DME è di solito installato assieme al VOR. Il sistema VOR/DME permette di determinare la posizione orizzontale dell'aereo, fornendo la linea di posizione e la distanza rispetto al radiofaro.

RADAR

Il termine RADAR è l'acronimo di RADio Detection And Ranging, cioè rilevazione della posizione mediante onde radio. Il radar primario riceve le onde radio riflesse da un oggetto per determinarne la posizione e il radar secondario sollecita l'invio e legge i dati inviati dal risponditore di bordo. Il radar è utilizzato per il controllo del traffico aereo.

L'eco ricevuto dal radar primario e il segnale emesso dal transponder, ricevuto dal secondario, costituiscono rispettivamente la **traccia primaria e secondaria**, ambedue presentate sullo schermo radar. Un elaboratore elimina gli eventuali disturbi e affianca ad ogni traccia un'etichetta con le informazioni relative. Mette inoltre a disposizione varie funzioni per agevolare il controllo del traffico; tra le quali: la possibilità di evidenziare in modo selettivo le tracce, nascondere o mostrare particolari della zona in esame, restringerla o ampliarla, tracciare rotte e rilevamenti, mostrare informazioni sul volo, e altre ancora.

L'operatore radar ha di fronte uno schermo circolare, il cui centro rappresenta la posizione dell'antenna radar; la circonferenza i 360° dell'orizzonte, con direzioni riferite al Nord Magnetico. Sullo schermo compaiono i principali particolari geografici e gli elementi aeronautici: spazi aerei, aeroporti, radioassistenze, eccetera, elementi che possono essere richiamati in modo selettivo. È così immediato rilevare la posizione geografica e relativa dei traffici.

Un traffico è rappresentato con simboli diversi a seconda che vi sia la sola traccia primaria, la secondaria o ambedue. Dalla traccia secondaria l'operatore legge il codice transponder, il livello di volo e altri dati. Può richiamare dall'elaboratore il piano di volo, leggere le autorizzazioni già rilasciate, le richieste del pilota, aggiungere le nuove autorizzazioni. Sullo schermo, oltre alla posizione attuale rimangono visibili per un certo tempo quelle precedenti, ed è possibile proiettare il percorso futuro. Possibili conflitti fra traffici originano avvisi di criticità crescente.

L'apparato radar di terra è basato su un'antenna direzionale rotante, che invia lungo il cerchio dell'orizzonte (azimuth) uno stretto pennello di impulsi elettromagnetici nella banda dei GHz (1÷4 GHz), alternati da periodi di silenzio. Se l'onda radio incontra un oggetto ("target" - "bersaglio" nella terminologia radar), ne è riflessa in tutte le direzioni e parte del segnale è irradiato all'indietro verso l'antenna. Appena lanciato l'impulso, l'antenna commuta il suo stato da emittente a ricevente, in attesa di echi. Il rilevamento del bersaglio è dato dalla direzione verso cui è orientata l'antenna quando riceve l'eco; la distanza è calcolata dal tempo intercorso tra l'invio e la ricezione, la quantità di energia riflessa dà un'indicazione delle dimensioni. Gli echi sono deboli perché solo una frazione di energia colpisce il bersaglio e l'onda si è attenuata nel tragitto radar→bersaglio, e l'eco si attenua ancora nel tragitto di ritorno bersaglio→aereo. Siccome l'antenna radar ruota nel piano orizzontale, non può rilevare la quota.

Questo è il radar primario o PSR (Primary Surveillance Radar); per ricevere un'eco rilevabile deve emettere onde ad alta energia. Tra le altre sue limitazioni ci sono l'impossibilità di rilevare la quota e di identificare in modo positivo i traffici.

Queste limitazioni hanno portato allo sviluppo del radar secondario o SSR (Secondary Surveillance Radar), che utilizza un'altra antenna ruotante, coassiale e sincronizzata con quella del primario, alla quale di solito è sovrapposta. L'antenna del radar secondario invia impulsi d'interrogazione, il **risponditore di bordo o "transponder"** emette in risposta un'onda elettromagnetica contenente informazioni quali: il codice impostato dal pilota, il livello di volo e altre.

TRANSPONDER

Il transponder è un apparato molto semplice da usare: occorre solo accenderlo e inserire il codice VFR, attivarlo, cambiare il codice secondo le istruzioni ATS e, a volte, su richiesta ATS, premere il tasto "Ident". La spia di funzionamento si accende quando è ricevuta un'interrogazione da un radar e nelle operazioni di "ident" o "test". La quota trasmessa, derivata dalla pressione statica, non dipende dalla regolazione dell'altimetro ma è riferita all'isobara standard 1.013,25 hPa: è un livello di volo. In tal modo le quote riportate da tutti gli aerei sono consistenti.

Poiché il codice è costituito da 4 cifre che vanno da 0 a 7, il loro numero totale è 4096. Sono importanti i codici:

- 1) 7700 emergenza ("Mayday")
- 2) 7600 avaria radio,
- 3) 7500 atti di pirateria a bordo,
- 4) 7000 è il codice generico VFR per gli aerei che non sono in contatto con un Ente ATS.

La copertura radar del territorio Italiano è totale. Anche se normalmente non è previsto che i voli VFR utilizzino i servizi radar, se le condizioni lo richiedono il pilota non deve esitare a ricorrere a questo prezioso aiuto. In caso di necessità può richiedere la determinazione della propria posizione o anche la guida tramite una sequenza di prue per arrivare su un aeroporto.

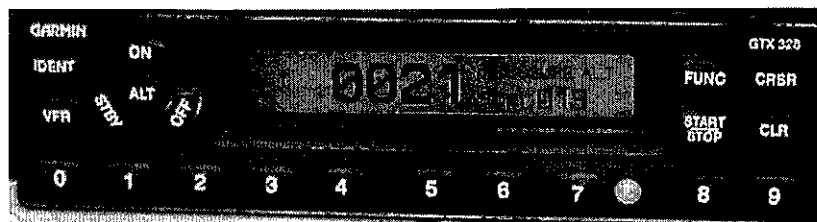


fig. 6.11

La **figura 6.11** mostra un transponder elettronico. Il codice impostato è 0021, il livello di volo è FL019, è attivo il riporto di quota (ALT). La sottostante lettera **R** dice che l'apparato sta ricevendo e rispondendo ad un'interrogazione del radar. I pulsanti sulla sinistra controllano l'accensione, il funzionamento con o senza riporto di quota, il modo Stby da tenere al suolo e l'emissione dell'impulso di identificazione. I pulsanti da 0 a 7 permettono di impostare le quattro cifre del codice; quelli a destra attivano funzioni ausiliarie.

IV CAPITOLO - GPS Global Positioning System

Il GPS è un sistema che consente la determinazione della posizione su tutto il Globo terrestre. È basato su una costellazione di satelliti artificiali, controllati da stazioni a terra. I ricevitori, portatili o installati su veicoli: auto, barche e aerei, determinano la posizione come intersezione delle distanze dai satelliti.

Il sistema è definito "passivo", a significare che i ricevitori non sollecitano risposte né hanno alcuna interazione con i satelliti, ma ne ricevono solo i segnali. È stato preferito un sistema passivo perché, progettato per operazioni militari, si è ritenuto fosse più protetto contro interferenze indebite.

Il GPS si va sempre più diffondendo: in campo aeronautico è destinato a diventare il sistema di navigazione primario per tutte le fasi del volo.

Oltre al sistema GPS/NAVSTAR (*in seguito GPS per brevità*), gestito dal dipartimento della difesa USA, è in funzione anche l'omologo russo GLONASS. Galileo, il sistema Europeo, è in fase di realizzazione.

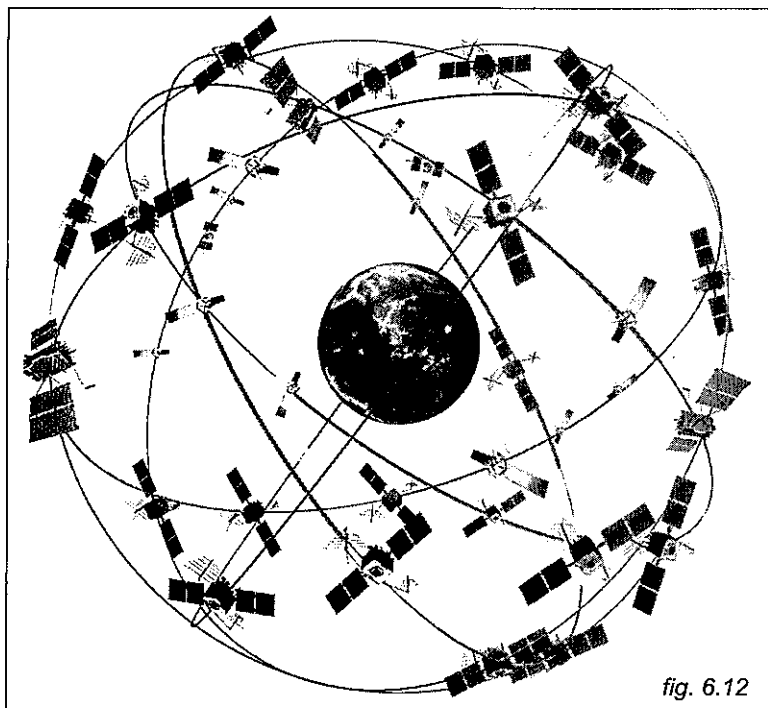


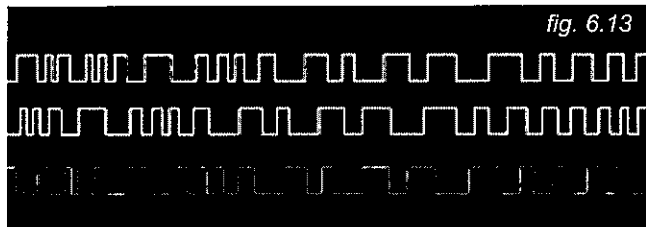
fig. 6.12

La **figura 6.12** è una raffigurazione artistica della costellazione GPS attorno alla Terra. I satelliti percorrono un'orbita completa in circa dodici ore a 20.000 km d'altezza. Si può intuire la complessità dei calcoli che il ricevitore deve eseguire al fine di determinare la propria posizione ricavandola dalle distanze dai satelliti in vista. I microprocessori del ricevitore devono risolvere in continuazione, per approssimazioni successive, complessi sistemi di equazioni.

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

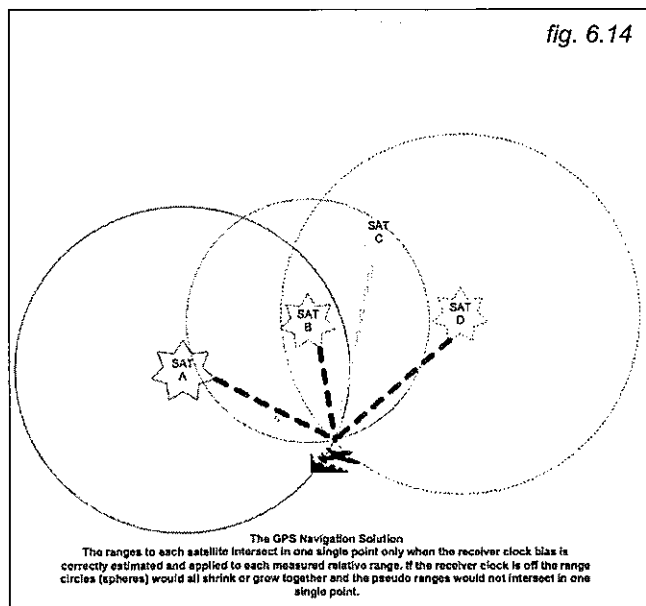
La costellazione GPS è formata da 24 satelliti disposti su 6 orbite quasi circolari (ellittiche con eccentricità molto bassa), inclinate sull'Equatore di 55° , a un'altezza di ≈ 20.000 km. Un'orbita viene percorsa in poco meno di 12 ore e i satelliti passano due volte il giorno sulla stazione di controllo che può così inviare dati di correzione dell'orbita e degli orologi atomici.

Una delle prime operazioni che un ricevitore GPS compie, una volta acceso, è sincronizzare il proprio orologio al quarzo con quelli atomici, precisissimi e sincronizzati tra loro, dei satelliti. Per far ciò utilizza un codice molto lungo e complesso: il PRN (Pseudo Random code). La **figura 6.13** esemplifica le strisce di bit che formano i PRN.



I PRN (codici falsamente casuali) si chiamano in tal modo perché la successione dei bit sembra essere casuale, mentre, al contrario, segue una precisa logica, **caratteristica e diversa per ogni satellite**. Una volta sincronizzato l'orologio, lo sfasamento tra il PRN emesso da un satellite e l'identica stringa che il ricevitore genera al proprio interno, rappresenta il tempo che il PRN del satellite ha impiegato per arrivare al ricevitore. Moltiplicando il tempo per la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche, il ricevitore calcola le distanze dai vari satelliti visibili della costellazione. Poiché le orbite dei satelliti e la posizione di ogni satellite lungo l'orbita sono note, il ricevitore GPS può determinare la propria posizione come intersezione delle superfici sferiche che hanno per centro i vari satelliti e per raggi le rispettive distanze. L'intersezione definisce un volume d'incertezza, che viene ridotto con approssimazioni successive.

La **figura 6.14** mostra la procedura per determinare la posizione. Le circonferenze rappresentano nel piano le sfere di equidistanza dai quattro satelliti: A, B, C, D. L'intersezione delle sfere definisce un volume di incertezza, che si riduce ad un unico punto quando l'errore dell'orologio del ricevitore è determinato correttamente. Variando tale errore le sfere crescono o diminuiscono. Il ricevitore GPS con iterazioni successive, attribuendo valori diversi all'errore del proprio orologio, cerca di ridurre il volume di incertezza per determinare la posizione con la migliore precisione. Tali calcoli sono ripetuti continuamente. I ricevitori sono multicanale: ricevono ed elaborano simultaneamente i segnali dei satelliti in vista.



Per la determinazione di una posizione tridimensionale: latitudine, longitudine e altitudine, sono necessari i segnali di almeno quattro satelliti (il 4° occorre per la sincronizzazione degli orologi); per una localizzazione bidimensionale: il punto sulla superficie terrestre, ne bastano tre.

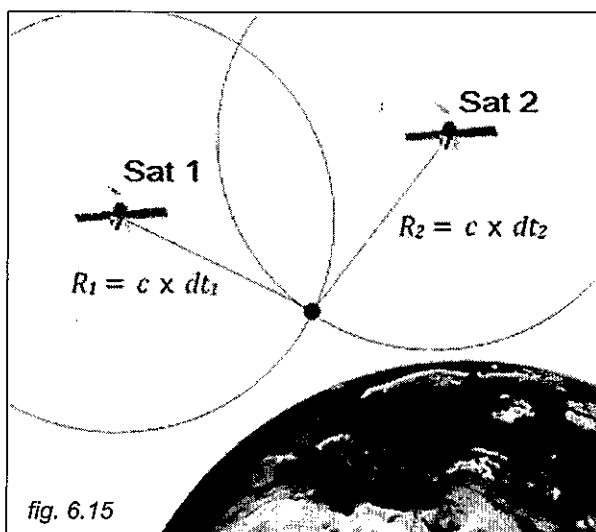
Dalla successione delle posizioni il ricevitore GPS calcola la velocità, la rotta percorsa, i tempi previsti, e molte altre informazioni. I navigatori aeronautici sono dotati di mappa geografica aeronautica su cui è facile seguire la progressione del volo. Offrono svariate funzioni: stimati sui waypoint, avvisi di prossimità agli spazi controllati, allarme di bassa quota, elenco degli aeroporti più vicini, stesura ed esecuzione del piano di volo, e altre ancora.

ERRORI E PRECISIONE

Le elevate frequenze delle onde elettromagnetiche impiegate fanno sì che il sistema GPS possa funzionare con precisione costante in tutte le condizioni meteorologiche. Ci sono però errori sistematici, per quanto minimi. I segnali dei satelliti attraversando la ionosfera e poi gli strati più bassi dell'atmosfera, si propagano a velocità minore della luce nel vuoto. Gli orologi atomici dei satelliti hanno un errore, anche se piccolissimo; l'orologio del ricevitore è molto meno preciso. L'errore di effemeride è la differenza tra le orbite reali dei satelliti e quelle teoriche, utilizzate per calcolarne la posizione nel cielo. Tali errori comportano un margine di (im)precisione che nel caso peggiore è 10 m.

L'errore più grande è il GDOP (Geometric Dilution Of Precision), che dipende dalla posizione dei satelliti rispetto al ricevitore e moltiplica il margine precedente per un fattore compreso tra 1↔ 6. Più i satelliti in vista sono distanti nel cielo, minore è il GDOP, che per una buona precisione dovrebbe essere inferiore a 2,0. In genere ci si può aspettare una precisione sui 10÷15 metri.

Nella figura 6.15 (non in scala) il ricevitore a bordo di un aereo (evidenziato col punto) ha calcolato la propria distanza dal satellite 1 (Sat 1) moltiplicando lo sfasamento dt_1 tra il proprio PRN e quello ricevuto dal satellite per la velocità della luce c ; tale distanza è R_1 . Allo stesso modo la distanza dal satellite 2 (Sat 2) è R_2 . L'aereo si trova sia sulla superficie della sfera di raggio R_1 , sia su quella di raggio R_2 . L'intersezione di due sfere è una circonferenza: è necessario un terzo satellite per risolvere l'ambiguità. Trovata l'intersezione delle tre sfere ed essendo note le posizioni dei satelliti lungo le proprie orbite, la posizione è determinata. La precisione è tanto migliore quanto più i satelliti in vista dell'aereo sono distanti tra loro.



NAVIGAZIONE

Il GPS non dovrebbe essere l'unico strumento di navigazione: in alcune zone può mancare la copertura dei segnali ed inoltre le batterie dei portatili mostrano una perversa tendenza a scaricarsi quando lo strumento è più necessario.

Negli aerei più grandi, le informazioni dei GPS di bordo confluiscono nello FMC (Flight Management Computer) assieme a quelle provenienti da altri sistemi e sono elaborate per ottenere la stima più accurata della posizione. A tal fine i dati dai diversi sistemi sono pesati in base alle caratteristiche del sistema stesso. La precisione del GPS dipende dal GDOP, quella del VOR/DME dalla distanza dal radiofaro, quella dell'INS si degrada col tempo. La stima della posizione è ottenuta come media ponderata dei diversi valori.

Anche nei sistemi più semplici, come quelli che si trovano negli aerei leggeri, il ricevitore GPS, spesso integrato con le radio, è corredato da un calcolatore con una banca dati. La posizione corrente ed il percorso futuro sono presentati sulla mappa aeronautica che si sposta col procedere del volo. Nella banca dati sono registrati "Waypoint" (Wpt) quali aeroporti, radiofari ed intersezioni; altri Wpt sono inseribili dall'utente. Tra le funzioni per supportare la navigazione vi sono: il calcolo della direzione, distanza e tempo verso un Wpt, il calcolo e tracciamento del piano di volo dall'aeroporto di partenza a quello di destinazione tramite Wpt successivi, con le relative rotte, distanze e tempi. Durante il volo i dati sono continuamente aggiornati, vengono rilevati gli scostamenti, rivisto lo stimato di arrivo, calcolato il vento eccetera. I piani di volo possono essere memorizzati e poi richiamati e attivati.

Le informazioni di navigazione sono disponibili in vari formati: la schermata base mostra la posizione dell'aereo sulla mappa rispetto alla rotta, altre simulano la presentazione di vari strumenti aeronautici. Dati quali: rilevamento, velocità, distanza, tempi, ed altri ancora, secondo la personalizzazione dell'utente, completano le schermate.

Queste ed altre funzioni, tra le quali l'evidenza degli aeroporti più vicini, sono disponibili in quasi tutti i sistemi.

IL RICEVITORE GPS

Stante la varietà delle funzioni e la complessità di alcune, sono descritte quelle di più frequente utilizzo, facendo riferimento al sistema Garmin 430, che equipaggia i P92 distribuiti dall'Aeroclub d'Italia a molte scuole di volo.

La scala della mappa geografica aeronautica è variabile con le funzioni "zoom-in" e "zoom-out", attivabili con due tasti dedicati; è mostrata la scala corrispondente. Gli elementi geografici: città grandi o piccole, ferrovie, fiumi, aeroporti, eccetera, appaiono in base alla scala in modo da non ingombrare lo schermo con dati superflui. I criteri di evidenziazione sono impostati in fase di personalizzazione. Durante il volo possono essere scelti tre livelli di dettaglio in modo da far apparire le sole informazioni necessarie. Il sistema avvisa in vicinanza ai Wpt e agli spazi aerei ed emette allarmi per prossimità al terreno. È mostrata la rotta pianificata ed il percorso effettivo.

Le abbreviazioni usate più di frequente sono riportate, con la relativa definizione, nello **schema 6.16**.

ALT	Altitude	Altezza sul livello medio del mare (MSL).
BRG	Bearing	Direzione magnetica dalla posizione attuale ad un waypoint (è il QDM).
DIS	Distance	Distanza ortodromica dalla posizione attuale ad un Wpt.
DOP	Dilution Of Precision	Errore dovuto alla disposizione geometrica dei satelliti.
DTK	Desired track	Rotta desiderata tra due Wpt.
EPE	Estimated Position Error	Errore orizzontale di posizione dovuto al DOP e altri fattori
ETA	Estimated Time of Arrival	Orario a cui l'aereo raggiungerà il wpt calcolato in base alla velocità e rotta correnti.
ETE	Estimated Time Enroute	Tempo per raggiungere il Wpt dalla posizione attuale.
GS	Ground Speed	Velocità al suolo dell'aereo.
HDG	Heading	Direzione magnetica della prua.
TKE	Track angle Error	Angolo tra la rotta desiderata e quella attuale.
TRK	Track	Direzione del movimento rispetto al suolo. Chiamata anche "ground track".
XTK	Crosstrack error	Distanza a cui si trova l'aereo rispetto alla rotta desiderata, a destra o sinistra.

Schema 6.16

DIRECT-TO

La funzione "direct to", attivabile con un tasto dedicato (una D cui è sovrapposta una freccia), fornisce un mezzo rapido per avere la rotta magnetica e la distanza da un Wpt. Questo può essere identificato come una posizione geografica, selezionata sulla mappa col cursore, oppure immettendo il nominativo ICAO di un aeroporto o radiofaro, o anche il nome di una città. Il sistema traccia la rotta sulla mappa: è il segmento rosso che congiunge la posizione corrente col Wpt (*figura 6.17*). Sul lato destro dello schermo c'è il nome del Wpt e sono mostrate le variabili che il pilota ha scelto: DTK, DIS e GS, variabili che vengono aggiornate col procedere del volo.

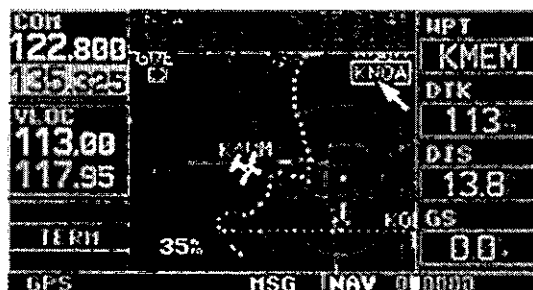


fig. 6.17

PIANO DI VOLO OPERATIVO

Per preparare il piano di volo è sufficiente immettere in sequenza i Wpt che definiscono le varie tratte. Per ognuna il sistema calcola la rotta, la distanza, il tempo, il consumo. Il percorso pianificato è tracciato sulla mappa come una linea spezzata che passa per i Wpt. Il controllo della navigazione può essere fatto sulla mappa confrontando la posizione dell'aereo rispetto alla rotta tracciata o con la guida digitale che dà la distanza dalla rotta.

È molto comodo far calcolare il piano di volo dal GPS. Altrimenti dalla carta geografica con l'uso di un goniometro e di un plotter – righello con la scala della carta – si ricavano rotta vera e distanza (Dist). Con la declinazione magnetica si ricava la rotta magnetica (MC). Per il calcolo del tempo necessario (ETE) per la tratta, basta dividere la distanza per la velocità al suolo, che in assenza di vento, è quella dell'APR. Ad esempio se la velocità è 4 m/s e la distanza è 200 m il tempo è $= 200/4 = 50$ s. Il vento varia la velocità al suolo (*la funzione per il calcolo è presente in molti calcolatori*).

È in ogni caso bene riportare i dati sull'apposito modulo. La **figura 6.18** ne mostra uno. In alto sono scritti i dati dell'aeromobile, la data e quant'altro necessario per individuare l'attività. Nella tabella a sinistra si annotano le principali condizioni meteorologiche: la visibilità, il vento come direzione e velocità, la pressione atmosferica e la temperatura. Tutti dati che si ricavano facilmente dai siti meteo.

Gli effetti del vento sulla rotta dovrebbero essere stimati. In un percorso chiuso la maggior velocità data dal vento in coda non riesce a compensare il rallentamento nelle tratte in cui il vento è frontale. Il tempo per compiere un circuito chiuso in presenza di vento è sempre maggiore che in assenza: l'autonomia ne risente e potrebbe diventare critica. In alto a destra si può annotare la velocità a cui si intende operare e la corrispondente autonomia.

Infine lo spazio al centro è per le frequenze radio o i numeri di telefono degli Enti ATS o di altri Enti che potrebbe essere necessario contattare.

Sotto la testata c'è la tabella per il piano operativo. Ogni tratta, identificata dai waypoint estremi, occupa una riga. Nella casella "**Waypt**" si indica il punto di arrivo della tratta. Nella due caselle adiacenti a sinistra se ne sono riportate le coordinate geografiche. A destra del Wpt, sulla stessa riga, si scrivono la rotta magnetica (**MC** Magnetic Course), l'altezza scelta per il volo (**ALT**), la distanza tra i due punti della tratta (**Dist**) e il tempo (**ETE** Estimated Time Enroute) necessario a percorrerla.

Dalla carta geografica con l'uso di un goniometro e di un plotter - righello con le scale della carta – si ricavano la rotta vera (TC True Course) e la distanza (Dist). Sempre dalla carta geografica si legge la declinazione magnetica nella zona, da cui si ricava la rotta magnetica (MC). Per il calcolo del tempo necessario (ETE) per la tratta, basta dividere la distanza per la velocità al suolo, che in assenza di vento, è quella dell'APR. In caso di vento se ne tiene conto per calcolare la velocità al suolo (*la funzione è presente in molti calcolatori*). Ad esempio se la velocità è 4 m/s e la distanza è 200 m il tempo è $= 200/4 = 50$ s.

Ultimata la compilazione dei dati per tutte le tratte, si sommano le distanze ed i tempi e si verifica che il volo possa essere completato entro l'autonomia con un congruo margine. Il percorso sarà tracciato sulla carta geografica.

È poi opportuno riportare sul modulo - come promemoria - i possibili punti di atterraggio lungo il percorso.

PIANO di Volo

data:

aeromobile:

Vento	
Visibilità	
Pressione	
Temperatura	

Velocità	
Autonomia	

Lat. [xx pp mmm]	Long. [xx pp mmm]	Wpt	MC [°]	ALT [m]	Dist. [m]	ETE [min]
fig. 6.18				Tot.		

METEOROLOGIA

La meteorologia tratta i fenomeni che avvengono nell'atmosfera e cerca di prevederne l'accadere e l'evoluzione. Talvolta i fenomeni meteorologici presentano un lato violento e pericoloso.

Nella casistica degli incidenti dell'aviazione commerciale, oltre il 10% si ritiene dovuto alle condizioni meteo. Tale percentuale è sicuramente più alta nell'aviazione generale e sportiva. Scarsa visibilità, venti forti e turbolenza oppure temporali, uniti ad un aereo con prestazioni ed equipaggiamento inadeguati, e con un pilota forse non preparato per tali incontri, sono stati i fattori.

L'effetto dei fenomeni meteorologici, in particolare venti e turbolenza, sui droni è amplificato dal peso ridotto e dalla loro scarsa potenza e velocità. Molti non sono in grado di contrastare efficacemente un vento anche non forte o di supportare una turbolenza moderata.

In vicinanza di costruzioni o di rilievi il vento, incanalandosi in condotti che fanno da Venturi, può produrre correnti inaspettatamente forti o vortici inattesi.

È quindi necessario saper interpretare le informazioni meteo, per valutare la compatibilità della situazione col proprio mezzo e con la missione da svolgere.

acqueo che, più leggero dell'aria, si diffonde nell'atmosfera. Salendo negli strati superiori, le basse temperature lo fanno condensare in minuscole gocce d'acqua, o solidificare in minuti cristalli di ghiaccio, a formare nubi. Le goccioline ricadono come precipitazioni sulla superficie terrestre ad alimentare fiumi, laghi e mari e di nuovo evaporano alimentando il ciclo infinito di trasformazioni.

L'ATMOSFERA ISA - PRESSIONE E TEMPERATURA

Il peso degli strati superiori dell'atmosfera grava su quelli sottostanti esercitando una forza che cresce a mano che si scende, perché gli strati inferiori sopportano il peso di tutti quelli sovrastanti.

La pressione atmosferica è il rapporto tra il peso dell'aria sovrastante e la superficie su cui si esercita, e diminuisce quindi al crescere della quota.

E. Torricelli scoprì che la pressione atmosferica bilanciava quella esercitata da una colonna di mercurio alta 76 cm; tale valore prese il nome di **atmosfera (atm)**; l'unità di misura usata in aviazione è l'ectoPascal ($1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$).

La pressione dell'atmosfera standard a livello del mare è $1.013,25 \text{ hPa}$, o $1,033 \text{ kg/cm}^2$. Su ogni centimetro quadrato del nostro corpo si esercita la forza di $1,033$ kilogrammi peso.

Le caratteristiche dell'atmosfera sono variabili da luogo a luogo e, in un dato luogo, possono cambiare di ora in ora. È stato quindi necessario definire un'atmosfera di riferimento, per confrontare le prestazioni di aerei e motori, calibrare gli strumenti, eccetera. Quest'atmosfera ideale, che rappresenta una media dei valori rilevabili a diverse latitudini nelle varie stagioni, è stata chiamata ISA (International Standard Atmosphere).

La diminuzione di pressione con la quota si chiama gradiente barico verticale.

La pressione si dimezza circa ogni 5.000 m e il gradiente barico raddoppia.

La diminuzione di temperatura con la quota si chiama gradiente termico verticale. La temperatura diminuisce con la quota sino alla Tropopausa, dove è $-56,5^\circ\text{C}$. Il gradiente termico verticale è abbastanza indipendente dalla latitudine. La variazione di temperatura durante il giorno è chiamata escursione termica giornaliera.

Le caratteristiche principali dell'aria ISA sono:

- Pressione a livello del mare **$1.013,25 \text{ hPa}$** o $1,033 \text{ kg/cm}^2$, ossia 760 mm di mercurio o $29,92$ pollici
- Gradiente barico verticale al livello del mare **$1 \text{ hPa} / 27 \text{ ft}$** , decrescente con la quota¹
- Temperatura a livello del mare **15°C**
- Gradiente termico verticale **$6,5^\circ\text{C} / 1.000 \text{ m}$** o $2^\circ\text{C} / 1.000 \text{ ft}$ costante sino alla tropopausa
- Densità a livello del mare **$\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3$**

¹ Si usa come gradiente barico verticale medio a basse quote $1 \text{ hPa} / 30 \text{ ft}$ eguale a $1 \text{ hPa} / 9 \text{ m}$ (la pressione diminuisce di 1 hPa ogni 9 metri).

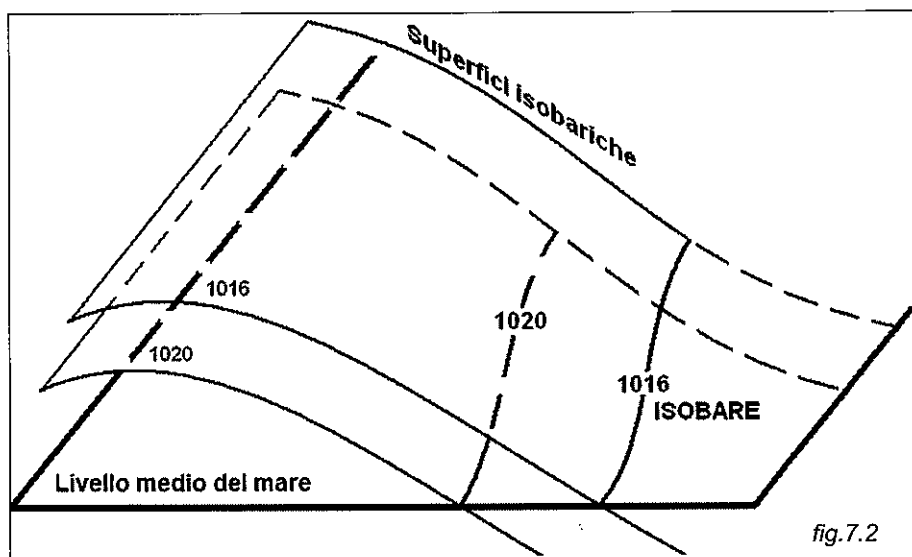
L'atmosfera reale

I punti dell'atmosfera che hanno eguale pressione si definiscono **superfici isobariche**. Nell'atmosfera ideale le superfici isobariche avrebbero forma sferica, e sarebbero parallele alla superficie terrestre e a distanza progressivamente crescente verso l'alto; in quella reale la forma è irregolare; si possono però riconoscere alcune conformazioni caratteristiche.

Per rappresentare le superfici isobariche sulle carte meteorologiche si tracciano le linee formate dall'intersezione delle superfici stesse con piani orizzontali. Si chiamano **isobare** le linee ricavate dall'intersezione delle superfici isobariche col livello medio del mare. Le isobare mostrano la pressione al livello del mare e sono tracciate di solito a intervalli di 4 hPa. Nella **figura 7.2** si vedono due superfici isobariche: 1.020 hPa e 1.016 hPa. Le loro intersezioni col livello medio del mare determinano le isobare 1.020 hPa e 1.016 hPa.

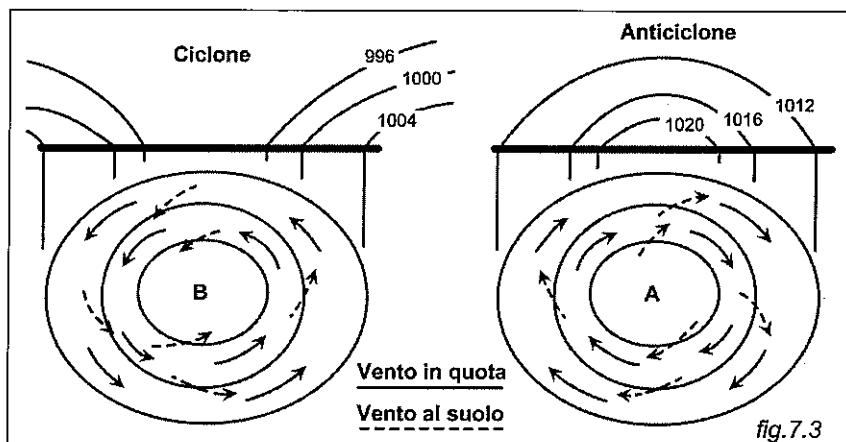
Per rappresentare la pressione in quota, si tracciano linee di eguale livello o **isopse**. Sono ottenute come intersezioni di una superficie isobarica significativa (850 hPa, 500 hPa, ...) con piani orizzontali a quote crescenti. Possiamo assimilarle alle linee di livello sulle carte geografiche che rappresentano l'andamento altimetrico del terreno. Le isopse meteo rappresentano l'andamento altimetrico di una superficie barica; prendendo ad es: la 500 hPa, accanto ad ogni linea di livello è indicata la quota a cui la 500 hPa si trova. Le isopse sono utili per prevedere l'evoluzione del tempo, perché i fenomeni in quota determinano quelli al suolo.

In quota l'aria si muove approssimativamente lungo le isopse, nell'emisfero Nord lasciando a destra l'alta pressione e alla sinistra valori più bassi, a bassa quota si muove all'incirca lungo le isobare.



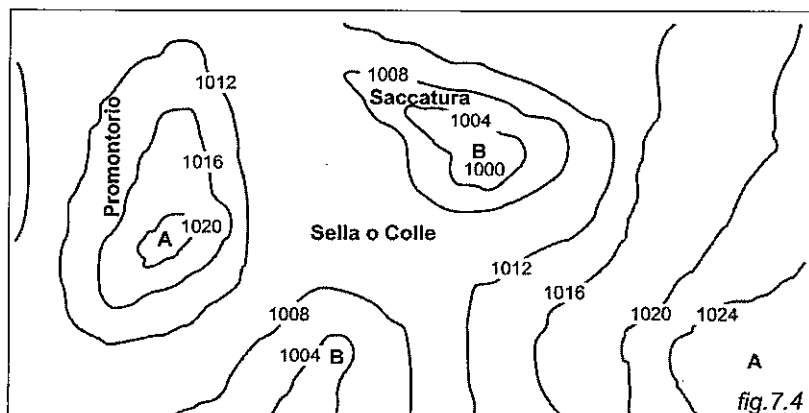
Conformazioni bariche

Nella figura (fig. 7.3) si vedono due configurazioni fondamentali: il ciclone e l'anticiclone; nella parte inferiore sono tracciate le isobare, che mostrano la configurazione barica vista dall'alto, nella parte superiore si vede la sezione verticale delle superfici isobariche. Il ciclone è una zona di bassa pressione che si presenta con **isobare chiuse su se stesse**, (non necessariamente circolari), al cui centro si trova la pressione minima indicata dalla lettera "B" o da "L" (Low).



L'anticiclone, una zona di alta pressione, ha analoga conformazione con al centro la massima pressione, indicata da una "A" o da una "H" (High). Talora i centri di alta e bassa pressione sono marcati con una "X". L'anticiclone ricorda un "monte" con la sommità nel punto "A", il ciclone una "valle", col punto più basso in "B".

Altre configurazioni tipiche, raffigurate nella **figura 7.4**, sono: la "saccatura", il "promontorio", il "colle o sella". La saccatura è una zona di bassa pressione che si insinua fra due alte pressioni. Il suo reciproco è promontorio o cuneo, una zona di alta pressione che s'incunea tra due basse. La saccatura presenta caratteristiche meteo simili alle zone di bassa pressione; il promontorio caratteristiche simili alle zone di alta pressione. Colle è la zona tra due alte pressioni e due basse pressioni; in orografia è la zona che separa due valli (*la strada, fino allora in salita, comincia a scendere*) ed ha ai due lati montagne; è chiamato anche sella perché la forma ricorda una sella da cavallo.



Calore e temperatura

Il calore è una forma di energia, dovuta alla velocità di agitazione delle molecole di un corpo. La temperatura è una misura del livello di quest'energia. È rilevata col termometro, uno strumento che sfrutta la dilatazione, dovuta al calore, di un fluido o di un metallo che di solito è il mercurio. Come punti di riferimento per la scala delle temperature sono utilizzati i valori corrispondenti al ghiaccio fondente e all'acqua bollente, alla pressione standard. Sono state così definite le seguenti scale termometriche:

1. **Centigrada** o Celsius: al ghiaccio fondente corrisponde 0°C , all'acqua bollente 100°C , l'intervallo tra i due valori è suddiviso in **100 gradi $^{\circ}\text{C}$** ; da qui il nome di scala centigrada.

2. Fahrenheit, usata negli USA e in alcuni paesi anglosassoni; le due temperature sono rispettivamente 32°F e 212°F ; l'intervallo è suddiviso in 180°F .

L'energia termica si trasferisce naturalmente da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa, sino a che la differenza di temperatura non si annulla. La trasmissione del calore avviene in tre modi: per conduzione, per convezione e per irraggiamento.

Si ha **conduzione** quando il trasferimento avviene tra due corpi a contatto o tra due parti di uno stesso corpo. Appoggiando la mano ad un radiatore, la mano si riscalda.

Si ha **convezione** quando lo scambio di calore è dovuto a spostamento di materia. Un esempio è il riscaldamento dell'acqua dovuto alla salita delle molecole d'acqua in una pentola.

L'**irraggiamento** è la trasmissione di calore tra due corpi non a contatto e avviene anche nel vuoto. Una lampadina accesa irradia calore; i raggi del Sole riscaldano attraverso decine e decine di milioni di chilometri di spazio.

Riscaldamento e moti convettivi

I raggi solari attraversano l'atmosfera senza causarne il riscaldamento e riscaldano la superficie terrestre che, a sua volta, per irraggiamento e convezione, riscalda l'atmosfera. Per questo motivo la temperatura diminuisce con la quota.

La quantità di calore che il terreno riceve dipende dall'esposizione ai raggi solari, esposizione che varia con la latitudine, il succedersi delle stagioni, l'alternarsi del giorno e della notte, la copertura nuvolosa, l'orografia. A parità di calore ricevuto, le temperature raggiunte dipendono dalla natura delle sostanze. Rocce e sabbia si scaldano più delle distese d'acqua e dei boschi. Se un corpo ha una bassa capacità termica (capacità di immagazzinare il calore), basta un modico apporto di calore per aumentarne di molto la temperatura. Corpi con bassa capacità termica si riscaldano e si raffreddano rapidamente. L'acqua ha un grande capacità termica: le distese d'acqua costituiscono serbatoi di calore che smorzano le variazioni di temperatura, sia tra il giorno e la notte, sia da una stagione all'altra. Grazie al mare i paesi rivieraschi hanno un clima temperato.

La superficie terrestre, riscaldata, cede calore all'atmosfera per irraggiamento. Inoltre gli strati d'aria a contatto del suolo caldo, una volta riscaldatisi, salgono per la diminuita densità e riscaldano gli strati superiori. I moti ascensionali dell'aria prendono il nome di moti convettivi.

Il riscaldamento non uniforme della Terra causa il riscaldamento irregolare dell'atmosfera e origina i movimenti dell'aria, verticali (moti convettivi) e orizzontali (venti).

Localmente la differente natura del suolo provoca un diverso riscaldamento che produce correnti ascensionali in corrispondenza delle zone più calde. La depressione dovuta all'ascendenza richiama aria che va a riempire lo spazio lasciato libero; a sua volta

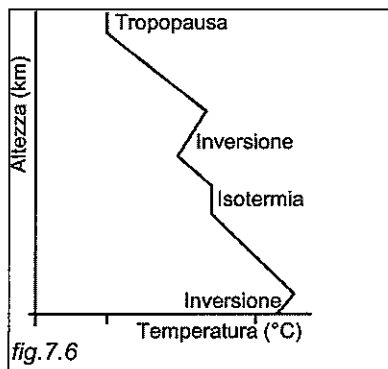
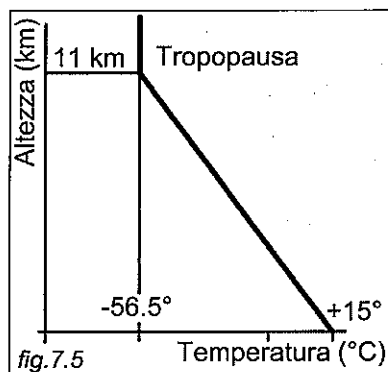
l'aria calda, raffreddandosi nella salita, inizia a scendere, chiudendo il circolo. Ad una corrente ascendente in una zona corrisponde una corrente discendente in un'altra. Le due correnti verticali: ascendente e discendente sono collegate da correnti orizzontali: i venti. S'instaura così un fenomeno circolatorio, che continua sino a che permane il riscaldamento a fornire l'energia.

Questi fenomeni avvengono sia localmente sia a livello di macro-zone: Equatoriale, Tropicale, Polare. Ad esempio il riscaldamento nella fascia Equatoriale origina correnti ascendenti cui corrispondono correnti discendenti ai Tropici; la circolazione è completata da venti: gli alisei, che soffiano in direzioni opposte al suolo e in quota.

La differenza tra i valori massimi e minimi della temperatura in un dato luogo si chiama **escursione termica**: giornaliera, o mensile, o annuale, secondo il periodo considerato. A causa dell'inerzia dovuta alla capacità termica della Terra, la temperatura più alta non coincide col massimo dell'insolazione né quella più bassa col minimo. La temperatura giornaliera raggiunge il massimo alle 14:00 circa, mentre il massimo dell'insolazione è a mezzogiorno. I mesi più caldi sono, nell'emisfero Nord, luglio e agosto anche se l'irraggiamento massimo si ha al Solstizio d'Estate (21 giugno), quando i raggi solari sono perpendicolari al Tropico del Cancro; analogamente i mesi più freddi sono gennaio e febbraio mentre il minimo dell'insolazione è al Solstizio d'Inverno (21 dicembre).

Curva di Stato dell'Atmosfera

Il grafico che rappresenta l'andamento verticale della temperatura si chiama Curva di Stato ed è tracciata nel piano che ha in ascisse le temperature, crescenti verso destra, e in ordinate le quote. Il grafico in **fig. 7.5** è la curva di stato dell'atmosfera ISA: a livello del mare la temperatura è 15°C , decresce linearmente sino alla Tropopausa, dove raggiunge $-56,5^{\circ}\text{C}$, e rimane costante nella Tropopausa. Le curve di stato sono tracciate per mezzo delle rilevazioni fatte più volte al giorno dalle stazioni meteo. Normalmente la curva è inclinata a sinistra, verso le temperature decrescenti; tanto più è coricata, tanto maggiore è la diminuzione di temperatura salendo in quota e tanto più l'aria dà luogo ad instabilità. Se la curva di stato ha un tratto verticale, si ha un'isoterma che favorisce la stabilità; uno strato isoterma, se abbastanza spesso, blocca i fenomeni convettivi e le nubi non riescono a superarlo. Lo strato isoterma per eccellenza è la tropopausa, che costituisce il limite dei fenomeni convettivi e, come un coperchio, blocca sotto di sé le nubi e i fenomeni associati. Se la curva ha un tratto inclinato verso destra significa che la temperatura, anziché decrescere, aumenta: è un'inversione termica. Un'inversione in quota origina nubi stratificate, un'inversione al suolo origina nebbie che si dissolvono ai primi raggi del sole. L'inversione al suolo capita spesso di notte, quando l'aria è calma e il terreno molto freddo. Il suolo, perdendo calore nelle



Un esempio di curva di stato è il **grafico 7.6**. Si notano: due inversioni, al suolo e in quota, uno strato d'isoterma a bassa quota e in alto la tropopausa.

notte senza nubi, raffredda gli strati d'aria a contatto, i quali rimangono vicini al terreno, mentre gli strati più alti rimangono a temperatura più elevata.

Umidità

L'umidità è il contenuto di vapore acqueo nell'aria. La quantità di vapore che l'aria può contenere è tanto maggiore quanto più alta è la temperatura; se la temperatura diminuisce il vapore acqueo in eccesso condensa formando goccioline d'acqua che originano nebbie, nubi ed eventualmente precipitazioni.

Il vapore acqueo è perfettamente trasparente e pertanto invisibile; le nubi si vedono perché sono formate da minute goccioline d'acqua, o da cristalli di ghiaccio se la temperatura è sotto zero.

L'aria è **satura** quando contiene la quantità massima possibile di vapore acqueo. Si chiama **umidità relativa** il rapporto tra il vapore acqueo contenuto nell'aria e la quantità che sarebbe necessaria per portare l'aria a saturazione, nelle stesse condizioni di temperatura e pressione. Più l'umidità relativa è vicina al 100%, maggiore è la probabilità di condensazione e dei fenomeni conseguenti. L'umidità relativa aumenta per immissione di vapore acqueo, ad esempio per l'evaporazione dai mari, laghi o altri specchi d'acqua, oppure a causa della diminuzione della temperatura. L'umidità relativa di una massa d'aria che sale, aumenta perché la temperatura diminuisce.

In aviazione è usato un altro indicatore: è la Temperatura di rugiada **Td**. Il nome deriva dalle goccioline di rugiada (dew) depositate dal raffreddamento notturno dell'aria. La **Td** dice a quale temperatura una massa d'aria dovrebbe essere raffreddata a pressione costante per giungere a saturazione. Più vicine sono la temperatura ambiente **T** e di rugiada **Td**, più l'aria è vicina alla saturazione e maggiore è la probabilità di formazione di foschie, nebbie e nubi basse. Quando l'aria è satura, **Td** è eguale a **T**; se la temperatura è sotto zero il vapore acqueo passa direttamente allo stato solido e forma cristalli di ghiaccio.

II CAPITOLO - I moti dell'aria: verticali e orizzontali

MOTI VERTICALI

I moti verticali dell'aria sono dovuti a cause termiche o meccaniche. Una massa d'aria riscaldata diviene meno densa e quindi, essendo più leggera dell'aria circostante, inizia a salire. Si ha sollevamento meccanico quando una massa d'aria che si sposta orizzontalmente incontra un ostacolo: una catena montuosa, o un'altra massa d'aria più fredda, ed è costretta a salire. Durante la salita, siccome la pressione atmosferica decresce, la massa d'aria si espande e di conseguenza si raffredda. Anche una volta esaurita la spinta iniziale, la salita continua se la massa è più calda dell'aria circostante: l'energia necessaria è data dalla differenza tra le due temperature. Se invece la temperatura della massa ascendente diviene eguale o inferiore a quella circostante, il moto di salita s'interrompe o s'inverte.

L'aria che sale si espande e si raffredda, quella che scende viene compressa e si riscalda. Non c'è scambio di calore tra la massa d'aria in movimento e quella circostante perché l'aria è un pessimo conduttore di calore. Il rateo di raffreddamento o di riscaldamento si chiama gradiente adiabatico (senza scambio di calore tra la massa che sale e l'esterno) saturo se la massa d'aria è satura, secco se non la è. L'aria satura salendo si raffredda meno di quella non satura perché il vapor acqueo, condensando, rilascia calore.

Se il raffreddamento durante la salita è tale che l'aria raggiunge la temperatura di rugiada, il vapor acqueo condensa in goccioline d'acqua che formano nubi; se la temperatura scende sotto lo zero, si formano cristalli di ghiaccio. In ambedue i casi c'è la probabilità di precipitazioni. I moti verticali originano così i fenomeni meteorologici.

BASE E SOMMITÀ DELLE NUBI - ARIA STABILE E INSTABILE

La base della nube è determinata dalla quota a cui avviene la condensazione del vapor acqueo in una particella d'aria ascendente, la sommità è alla quota a cui la particella non ha più forza ascendente perché la sua temperatura è eguale a quella dell'atmosfera circostante. Entro la nube la temperatura è più elevata; i moti convettivi richiamano aria esterna dal basso e creano turbolenza (*le nubi attirano i piloti di aliante: sanno che sotto la nube troveranno una colonna d'aria ascendente.*)

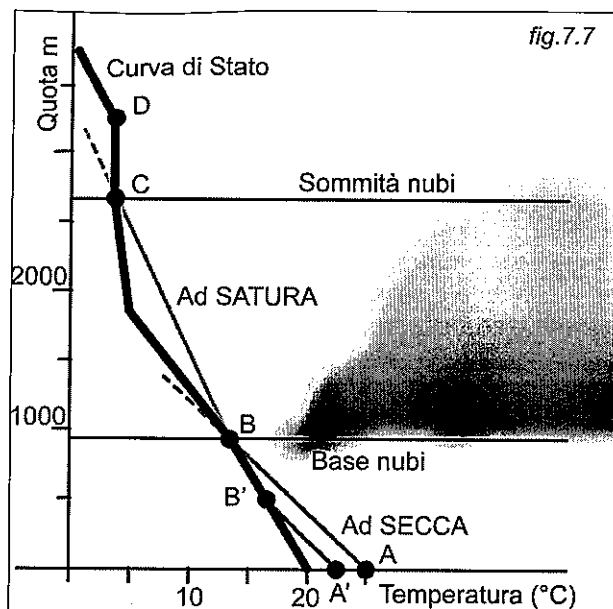
Una massa d'aria è stabile o instabile, a seconda che la sua temperatura sia maggiore o minore di quella dell'aria circostante, data dal diagramma di stato dell'atmosfera. Se l'aria è stabile un moto ascensionale, qualunque sia l'origine, si esaurisce in breve tempo esaurita la forza d'inerzia, se invece è instabile si autoalimenta.

La presenza di nubi convettive è sintomo d'instabilità.

La tropopausa ferma i moti ascensionali: anche i cumulonemi non riescono a superarla, e la loro sommità prende la caratteristica forma piatta. Lo spazio sopra la tropopausa è stabile, in riposo quasi assoluto, senza venti né fenomeni convettivi; i fenomeni meteorologici avvengono solo nella troposfera.

La **figura 7.7** riassume i fenomeni convettivi: riscaldamento, convezione, condensazione, base e tetto delle nubi, precipitazioni, ascendenze e turbolenza, illustrando un fenomeno tipico: il formarsi di nubi nella mattinata, dovuto al riscaldamento del terreno.

Fig. 7.7 La curva spessa che inizia dal suolo a 20°C, passa per i punti B, C e D, e interseca l'asse verticale a oltre 3.500 m, è il diagramma di stato dell'atmosfera. Le altre curve, più sottili, sono le curve di raffreddamento adiabatiche secche e sature. Al mattino il Sole riscalda il terreno e alcune bolle d'aria, riscaldate dal contatto, cominciano a salire. Salendo si raffreddano secondo l'adiabatica secca. Le prime bolle a temperatura A' staccatesi dal suolo non riescono a superare B', punto in cui la loro temperatura, divenuta eguale a quella dell'aria circostante, inibisce un'ulteriore salita. Col procedere del giorno e l'aumento dell'insolazione, il terreno si riscalda sino ad A (25°). Le bolle salgono più in alto e si raffreddano di più. Quando la loro temperatura raggiunge quella di rugiada (in B), il vapor acqueo condensa e si forma la base delle nubi. Da questa quota (≈1.000 m) l'aria ascendente si raffredda di meno perché satura; la salita è autosostenuta poiché è più calda dell'aria circostante. La quota del punto B si chiama livello di convezione libera.



Da questa quota (≈1.000 m) l'aria ascendente si raffredda di meno perché satura; la salita è autosostenuta poiché è più calda dell'aria circostante. La quota del punto B si chiama livello di convezione libera.

La spinta ascensionale, a ogni altezza, è tanto maggiore quanto più distanti sono la curva di stato e l'adiabatica satura. Sopra i 2.000 m la curva di stato diventa quasi verticale, e dopo i 2.500 mostra un'isoterma: l'adiabatica satura incontra la curva di stato nel punto C. L'aria non può salire oltre perché viene a mancare la spinta ascensionale. L'isoterma della curva di stato ha favorito l'incontro con l'adiabatica satura di raffreddamento. L'atmosfera sino alla quota B è stabile; tra B e C è instabile se la massa d'aria che sale è satura, sopra C è stabile.

CARATTERISTICHE DELL'ARIA STABILE E INSTABILE

L'aria stabile tende a rimanere immobile, i moti convettivi sono limitati. Le nubi associate sono di tipo stratiforme, le eventuali precipitazioni continue, l'assenza di rimescolamento e l'umidità fanno sì che la visibilità sia ridotta.

L'aria instabile tende a salire e a rimescolarsi; i moti convettivi sono pronunciati, e le diverse velocità ascensionali causano turbolenza. Le nubi sono cumuliformi, le eventuali precipitazioni sono brevi e possono essere forti, la visibilità al di fuori dei fronti è buona o molto buona.

I MOTI ORIZZONTALI

I venti sono moti orizzontali dell'aria. Un aeromobile si muove entro l'aria che, quando c'è vento, a sua volta si sposta rispetto al terreno. Al vento è spesso associata turbolenza.

Nei messaggi meteorologici il vento è dato con **direzione di provenienza e velocità**; se è a raffiche, ne è indicato il valore massimo. Nelle carte meteorologiche i venti sono rappresentati da frecce che ne mostrano direzione e senso; lineette, mezze lineette o triangolini pieni, sulla coda della freccia, ne indicano l'intensità, rispettivamente: 10, 5 e 50 kt.

A volte si usano per i venti i nomi derivanti dalla direzione di provenienza rispetto all'isola di Malta, centro del Mediterraneo antico. In senso orario sono: Tramontana (Nord), Grecale (NE), Levante (Est), Scirocco (SE), Mezzogiorno (Sud), Libeccio (SO), Ponente (Ovest), Maestrale (NO).

La forza che origina il vento è la differenza di pressione che esiste fra due zone, originata dal diverso riscaldamento. Si chiama **forza di gradiente** o forza barica la forza esercitata su una particella d'aria dalla differenza di pressione e **gradiente barico orizzontale** la differenza di pressione tra due isobare rapportata alla distanza. La distanza tra le isobare nelle carte meteorologiche dà un'indicazione della forza del vento: più sono vicine più il vento è forte.

FORZA DI CORIOLIS - VENTO GEOSTROFICO E DI GRADIENTE

Una particella d'aria, sotto la forza di gradiente, tende a spostarsi verso le zone di bassa pressione. Durante il suo movimento è deviata dalla **forza di Coriolis**, dovuta alla rotazione della Terra. La forza di Coriolis è perpendicolare alla velocità istantanea di un corpo in movimento; nell'emisfero Nord devia verso destra. È proporzionale alla velocità del corpo e cresce dall'Equatore, ove è zero, ai Poli, ove è massima. Sotto la sua azione una particella d'aria percorre una traiettoria curva, che diviene parallela alle isobare se la velocità della particella è abbastanza alta. In quota il vento, non frenato dall'attrito col terreno, è più veloce ed è quindi parallelo alle isobare; se le isobare sono pressoché rettilinee prende il nome di **vento geostrofico**, se pressoché circolari il nome di **vento di gradiente**. Vicino al terreno la velocità è minore, la forza di Coriolis è più debole e il vento spirava ad angolo rispetto alle isobare.

Il senso di rotazione del vento nel nostro emisfero è orario attorno ad un centro di alta pressione (anticiclone), antiorario attorno ad uno di bassa pressione (ciclone). Il vento lascia a destra l'alta pressione e a sinistra la bassa.

EFFETTO DEL TERRENO - VENTI AL SUOLO E IN QUOTA

Vicino al terreno il moto dell'aria è frenato dall'attrito, la forza di Coriolis è debole e non devia completamente il vento che quindi spirava ad angolo con le isobare. In quota, fuori dello strato d'influenza del terreno, il vento si dispone parallelamente alle isobare. Il vento in quota nell'emisfero Nord vira a destra ed è più forte del vento al suolo. Ad esempio, se il vento al suolo è 270/10 (proviene da 270° ed ha velocità 10 kt), in quota sarà ≈300/15.

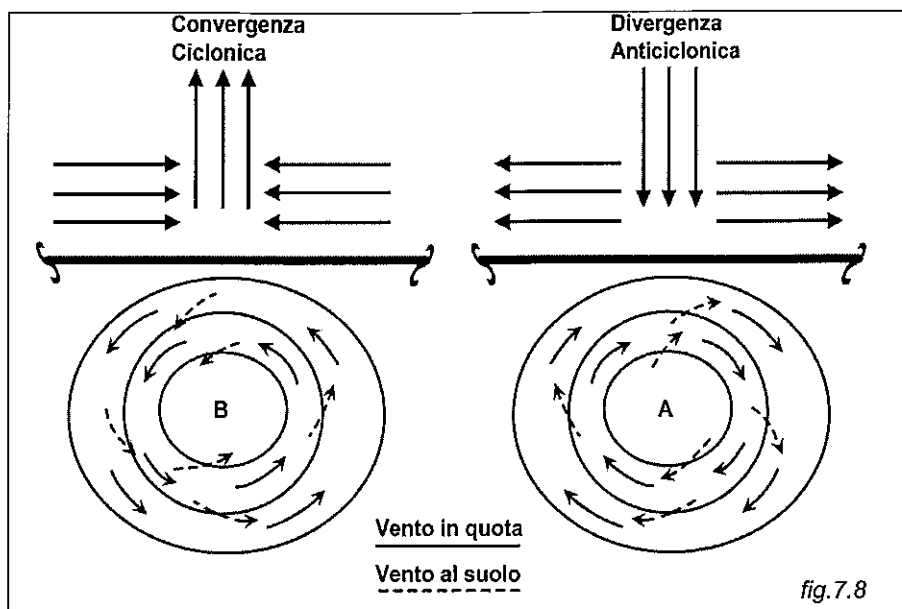
Da ciò discende la regola di **Buys-Ballot**. Per trovare la direzione dell'alta e della bassa pressione, l'osservatore al suolo deve disporsi con le spalle al vento e portare il braccio sinistro in avanti e a sinistra, il braccio destro indietro e a destra: il braccio destro indicherà la direzione approssimata dell'alta pressione, il sinistro della bassa.

La **convergenza ciclonica causa un'ascendenza**, mentre la divergenza anticiclonica una subsidenza.

La **convergenza ciclonica produce condizioni perturbate** perché l'aria, salendo, si raffredda e il vapore acqueo condensa formando nubi, con possibili precipitazioni.

La divergenza anticiclonica invece dà luogo a bel tempo: l'aria che scende si riscalda per compressione e la sua umidità relativa diminuisce, dissipando le nubi. Inoltre l'aria che si allontana dal centro di alta pressione mantiene lontani eventuali fenomeni.

Si chiama raffica una rapida variazione d'intensità del vento, spesso accompagnata



La **figura 7.8** mostra a sinistra una zona di bassa pressione, a destra una di alta. Il vento è antiorario attorno alla bassa pressione e orario attorno all'alta pressione. Il vento in quota (frecce a linea continua) è parallelo alle isobare, quello al suolo (frecce tratteggiate) le taglia con un angolo di $\approx 30^\circ$. Nella parte in alto della figura si vedono i moti verticali dell'aria. L'aria che converge verso il centro di bassa pressione è costretta a sollevarsi. Al contrario l'aria che si allontana da un centro di alta pressione attira altra aria dall'alto, creando un moto discendente.

da un cambiamento di direzione. La variazione di velocità può essere dovuta alle asperità del terreno, allo scorrere o scontrarsi di correnti d'aria a velocità diversa, a fenomeni termoconvettivi, eccetera. Alle raffiche è sempre associata turbolenza.

Se l'orografia del terreno è tormentata, il fluire del vento è ostacolato e si creano ascendenze, discendenze e rotori. In pianura invece, il terreno uniforme ha solo l'effetto di rallentare il vento per attrito e la turbolenza è minore. Sul mare aperto, anche se la velocità è maggiore, la turbolenza è minore perché il vento non incontra ostacoli.

VENTI COSTANTI, PERIODICI, LOCALI

Si chiamano venti costanti quelli che, come gli alisei, spirano tutto l'anno nella stessa direzione.

I venti periodici spirano sempre nella stessa direzione alternando il senso, con periodicità giornaliera o stagionale. Le brezze sono venti periodici giornalieri che spirano nelle località marittime perpendicolarmente alla costa; sono causate dalla differenza di temperatura tra il mare e la terra (**fig. 7.9**).

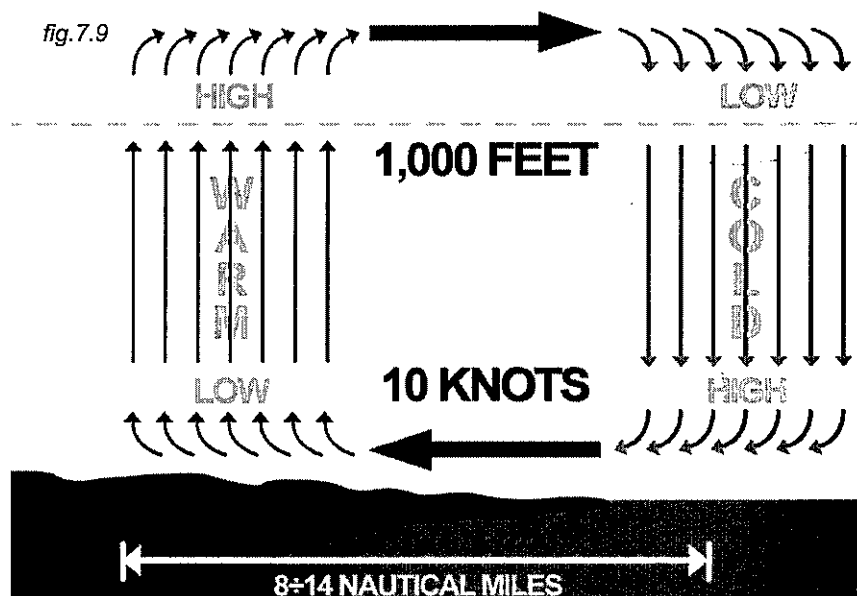
La brezza di mare spira **di giorno** dal mare, più freddo, verso la terra, più calda. Ha velocità di ≈ 10 kt, penetra entro la costa per ≈ 10 NM e si avverte sul mare circa alla stessa distanza. La brezza di terra spira di notte dalla terra verso il mare. Intensità e distanze sono circa la metà della brezza di mare. Al mattino, quando il Sole comincia a

scaldare, la terra si riscalda di più del mare. L'aria calda sale e richiama aria fresca dal mare. È la **brezza di mare**, che soffia dal mare verso la terra. L'aria calda salendo si raffredda, è richiamata verso il mare e scende. In quota il vento va dalla terra verso il mare e alla corrente ascendente sulla terra ne corrisponde una discendente sul mare completando la circolazione, che è alimentata dal riscaldamento solare. Al tramonto la terra si raffredda, quando la sua temperatura eguaglia quella del mare i venti cessano.

Di notte la situazione s'inverte: il mare rimane più caldo, grazie alla sua grande capacità termica, mentre la terra si raffredda di più. La situazione è opposta rispetto al giorno: sopra il mare l'aria sale, sopra la terra discende. Il vento al suolo spira dalla terra verso il mare, attratto dalla depressione: è la **brezza di terra**. Il vento in quota, dal mare verso la terra, chiude la circolazione. La brezza di terra è più debole perché le temperature sono minori.

I venti irregolari soffiano nelle direzioni determinate dalla variabile disposizione dell'alta e della bassa pressione. Se le configurazioni di pressione si ripetono, come in talune zone, si hanno **venti locali** con direzione costante.

Un vento locale proveniente da Nord, caratteristico delle zone alpine italiane, è il **Föhn** (Foehn). È un vento che, persa molta umidità nel versante Nord delle Alpi, si riversa con violenza, caldo e secco, sul versante Sud.



EFFETTI DEI RILIEVI - STAU E FÖHN

Se il vento incontra rilievi posti trasversalmente al suo cammino, l'aria è costretta a salire sino a superare la cresta e si raffredda; discende poi lungo il pendio opposto, riscaldandosi.

Sul lato sopravvento si forma una corrente ascendente, vicino alla montagna s'incontrano turbolenza e vortici dovuti all'attrito col terreno, più forti se il terreno è irregolare. Lungo il pendio sottovento si ha una forte discendenza con vortici più violenti che nel lato sopravvento.

L'aria, salendo, si espande e si raffredda. Se la catena montuosa è abbastanza alta e l'aria è molto umida, dà origine a nubi e causa abbondanti precipitazioni sul lato sopravvento: fenomeno **Stau**. Quando si riversa nel versante sottovento ha scaricato con le piogge gran parte dell'umidità e si riscalda per compressione adiabatica. Essendo più secca, per la stessa differenza di quota si riscalda più di quanto si sia raffreddata sul versante sopravvento. Il vento di caduta: **Föhn**, è caldo e secco scende con velocità elevata e causa discendenze sino a 15 m/s e, vicino alla montagna, vortici violenti e pericolosi.

III CAPITOLO - Le nubi, i temporali e i fenomeni oscuranti

Nubi e nebbie sono formate da minute gocce d'acqua dovute alla condensazione del vapor acqueo presente nell'aria. Si formano quando una massa d'aria umida, salendo, si raffredda sino ad arrivare a saturazione. In dipendenza dalla temperatura dell'aria circostante, la massa d'aria ascendente può continuare a salire, dando origine a nubi che si sviluppano verticalmente oppure fermarsi, dando origine a nubi che si estendono orizzontalmente. La sommità della nube si trova alla quota a cui la temperatura dell'aria ascendente eguaglia quella dell'aria circostante. Le correnti convettive interne alla nube si chiudono con correnti discendenti esterne.

Le goccioline d'acqua che formano le nubi hanno diametro variabile da alcuni centesimi al decimo di millimetro ($0,01 \div 0,1$ mm) e sono mantenute in sospensione dalle correnti convettive interne. Muovendosi si scontrano e tendono ad aggregarsi (processo di coalescenza); aumentate di peso, cadono al suolo come precipitazioni.

Le nubi ad alta quota sono formate da cristalli di ghiaccio. La nebbia è una nube che ha la base al livello del suolo.

CLASSIFICAZIONE DELLE NUBI

Le nubi si distinguono in **stratiformi** se hanno sviluppo prevalentemente orizzontale, **cumuliformi** se verticale. Con riferimento alla quota sono classificate in **alte**, **medie**, **basse** oppure a **sviluppo verticale** se interessano più zone. La **tabella 7.10** mostra la suddivisione e i simboli delle diverse nubi.

Vengono di seguito descritte le nubi basse e i cumulonembi.

Famiglie Nubi	Tipi	abbreviazione
Alte (oltre 7.000 m)	Cirri	Ci
	Cirrostrati	Cs
	Cirrocumuli	Cc
Medie (2÷7.000 m)	Altostrati	As
	Alto cumuli	Ac
Basse (sino a 2.000 m)	Nembostrati	Ns
	Stratocumuli	Sc
	Strati	St
a Sviluppo Verticale	Cumuli	Cu
	Cumulonembi	Cb
	Cumuli Torreggianti	TCu

Tabella 7.10

Gli Strati (**St**) sono nubi basse, molto diffuse. Viste dal suolo appaiono di colore dal grigio chiaro al grigio scuro. Sono comuni lungo le linee di costa e nelle vallate. La nebbia mattutina, alzandosi, può dar origine a nubi stratiformi. Nubi stratiformi possono formarsi anche quando aria umida e fresca è trasportata a bassa quota su una zona più calda (**figura 7.11**).

Anche gli Stratocumuli (**Sc**) sono nubi basse, dal colore dal bianco al grigio. Si differenziano dagli strati per la struttura definita, a righe o macchie e anche per le variazioni di colore nel cielo. Sono anch'essi frequenti lungo le coste e nelle valli. Accompagnano i fronti freddi e possono essere originati da aria fresca che passa sopra un'area più calda. Se associati con un sistema nuvoloso di grandi dimensioni, gli stratocumuli sono spesso l'ultimo tipo di nube prima che il cielo si riveli (**fig. 7.12**).

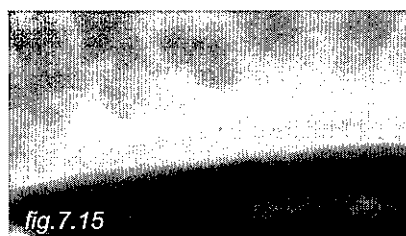
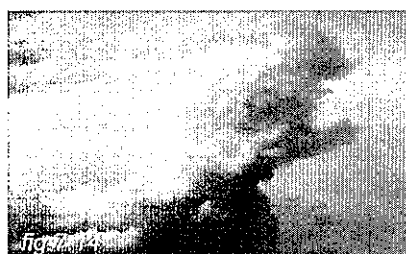
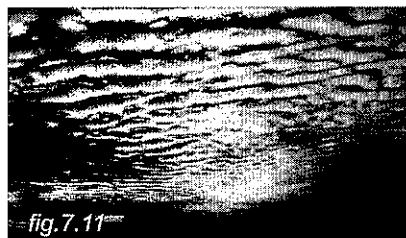
I Nembostrati (**Ns**) sono nubi spesse, nere e gonfie di pioggia (da "nimbus"), che causano abbondanti precipitazioni. Hanno colore dal grigio scuro al blu pallido. La base è indefinita e sembrano simili agli Strati, agli Stratocumuli o Altostrati: la differenza è che originano pioggia abbondante (**figura 7.13**). Spesso associati col passaggio di un fronte caldo, possono velocemente trasformarsi in un temporale. Causano le precipitazioni più abbondanti e forti, accompagnate da scarsa visibilità al suolo, e sono, con i Cumulonembi, le nubi più pericolose.

Le nubi a sviluppo verticale possono estendersi dal livello del suolo sino alla tropopausa.

I **Cumulonembi (Cb)** sono nubi temporalesche, che possono estendersi sino alla tropopausa, con una base anche molto bassa, quasi al livello del suolo. Il suffisso "nembo" indica la presenza di abbondanti precipitazioni. Rappresentano il fenomeno più pericoloso per il volo, non solo per gli aerei leggeri, ma anche per aerei pesanti e ben equipaggiati. Associati ai Cb si possono trovare: forte turbolenza, ghiaccio e scariche elettriche. Grandine può essere sparata al di sotto e ai lati, e turbolenza avvertita anche a notevole distanza. Oltre all'estensione verticale, nella fase di formazione è impressionante la velocità di crescita. Le precipitazioni sono preannunciate dalla "prima raffica" una violenta raffica di vento, che le precede di pochi minuti.

La **fig. 7.14** mostra un Cumulonembo in fase di formazione.

Nella **fig. 7.15** un Cumulonembo nella fase di tempesta visto dal basso.



COPERTURA NUVOLOSA

La nuvolosità indica la frazione del cielo coperta da nubi. È valutata a vista ed espressa in ottavi da 0/8°, a significare la completa assenza di nubi (cielo sereno), a 8/8° (cielo coperto), come mostra la **tabella 7.16**:

Nuvolosità	Ottavi
Clear (sereno)	0 /8
Few (poche nubi)	1÷2 /8
Scattered (nubi sparse)	3÷4 /8
Broken (cielo a squarci)	5÷7 /8
Overcast (cielo coperto)	8 /8

Tabella 7.16

Se le nubi coprono metà o più del cielo, e hanno base sotto 20.000 piedi (6.000 m), si dice che formano un **"ceiling"** (soffitto). Se la rilevazione della nuvolosità è impossibile, per nebbia o altri fenomeni, si dice che il cielo è invisibile.

Dal punto di vista operativo interessano anche l'altezza della base delle nubi (**ceiling**) e la sommità (**top**). La prima dev'essere tale assicurare la necessaria separazione dal terreno lungo la rotta. Se il volo avverrà sopra le nubi la copertura all'aeroporto di destinazione deve presentare squarci per scendere in visuale e riacquisire il contatto col suolo.

I cumulonembi sono classificati sulla base della densità geografica: ISOL (isolati), OCNL (occasionali) se, pur facendo parte di un sistema nuvoloso, ci sono ampi spazi tra l'uno e l'altro, FRQ (frequent) se c'è poco spazio. I più pericolosi sono quelli EMBD (EMBDded - inclusi), immersi e nascosti entro altre nubi meno pericolose.

NUBI TEMPORALESCHES E TEMPORALI

Le nubi temporalesche presentano tutti i fenomeni più pericolosi per il volo: precipitazioni violente, ghiaccio e grandine, cambiamenti repentini del vento (wind shear), raffiche e forte turbolenza, scariche elettriche. L'energia che si scatena è così grande da causare gravi danni anche ad aerei pesanti.

La natura della spinta che provoca il sollevamento iniziale dell'aria a formare il cumulo, suddivide i temporali tra quelli di origine termica o orografica e quelli di origine frontale. Nei primi la spinta iniziale è dovuta al riscaldamento del suolo per l'irraggiamento solare o ad un rilievo lungo il cammino di una massa d'aria. Non sono molto estesi e sono quindi facilmente aggirabili; la durata è breve: dalla mezz'ora a meno di due ore. Nei secondi il sollevamento iniziale avviene quando, lungo un fronte, l'aria più calda si solleva sul piano inclinato costituito da quella più fredda. Questi sono molto più estesi, sino a centinaia di chilometri e possono durare anche giorni.

Nella vita di una nube temporalesca si riconoscono **tre fasi: formazione, maturazione e dissolvimento**.

La prima è caratterizzata da correnti ascensionali che possono arrivare sino a 15 m/s. Le gocce d'acqua crescono di dimensioni e lo sfregamento relativo provoca la ionizzazione dell'atmosfera e scariche elettriche che producono lampi e tuoni. La fase di maturazione è caratterizzata dalla coesistenza all'interno del cumulo di correnti ascendenti e discendenti, e dall'inizio delle precipitazioni. La corrente discendente fredda,

quando urta il suolo, si espande producendo la "prima raffica" una violenta raffica di vento che precede le precipitazioni. Nel frattempo la corrente ascendente ha raggiunto il massimo, che può arrivare sino a 30 m/s. È questa fase la più pericolosa. La terza fase è caratterizzata da correnti discendenti e porta al dissolvimento del temporale, che è concluso quando precipitazioni e correnti discendenti sono cessate: la nube che rimane non è più pericolosa.

Le previsioni meteo sono il primo strumento per difendersi dai temporali. In volo, in condizioni VMC buone, è possibile avvistarli anche a distanza di svariate miglia.

La distanza minima a cui mantenersi da un temporale è dieci miglia.

VISIBILITÀ

La visibilità è la distanza massima a cui è possibile vedere un corpo nero sullo sfondo del cielo. È un parametro molto importante per il volo a vista.

La visibilità al suolo è rilevata da un osservatore qualificato nelle stazioni meteorologiche degli aeroporti, servendosi di traguardi o riferimenti posti a distanza nota. La **visibilità generale** è il valore minimo rilevato nei 360° attorno alla stazione meteorologica. Se la visibilità varia con la direzione di osservazione, ad esempio per effetto del sole, oltre al valore minimo sono riportati anche quelli nelle direzioni più significative. È data in centinaia di metri da 500 m, in chilometri da 5 km a 9 km, poi è riportata come "9999", che significa 10 km o superiore.

Mentre la visibilità al suolo è un dato ufficiale, quella in volo è stimata dal pilota.

NEBBIA, FOSCHIA E CALIGINE

Nebbia (fog), foschia (mist) e caligine (haze) sono fenomeni oscuranti, che riducono la visibilità. Nebbia e foschia sono formate da goccioline d'acqua da condensazione: si tratta in realtà di una nube, più o meno densa, con base a livello del suolo. La differenza tra nebbia e foschia è la diversa densità delle goccioline d'acqua che formano la nube. La caligine è costituita da particelle solide d'origine naturale: polvere o pulviscolo, o prodotte dai processi industriali e dalla combustione per riscaldamento e/o autotrazione; può essere dispersa solo dal vento.

Si ha nebbia quando la visibilità orizzontale è di 1.500 metri o inferiore, foschia quando è inferiore a 5.000 m ma superiore a 1.500 m. La nebbia può essere tanto densa da ridurre la visibilità a zero. In base alla formazione si distingue tra: nebbia da avvezione, da trasporto e da irraggiamento.

La nebbia da avvezione si forma quando una massa d'aria umida si sposta da una zona più calda su un terreno o una distesa d'acqua molto freddi: il raffreddamento fa condensare il vapor acqueo. È comune lungo le zone costiere, se aria umida si sposta dal mare sulla terra, più fredda. È dispersa da un cambiamento di direzione del vento.

La nebbia da trasporto, dalla zona d'origine, che può essere una distesa d'acqua, un lago o un fiume, viene trasportata da un debole vento in un'altra zona, che può ricoprire con preoccupante rapidità.

La nebbia da irraggiamento si forma durante la notte, con cielo sereno e aria umida e abbastanza calma. Il terreno perde calore per irraggiamento, favorito dal cielo sereno e crea un'inversione termica a bassa quota. Quando la temperatura scende a quella di rugiada si forma nebbia, con spessore limitato, talora solo di pochi metri. Si dissolve col

riscaldamento del terreno al sorgere del sole, oppure se il vento rimescola l'aria e elimina l'inversione.

La foschia si forma in aria stabile ed è favorita da un'inversione termica che funge da coperchio. È più densa di notte e di prima mattina. Ha altezza di qualche migliaio di piedi al massimo; sopra la visibilità è di solito ottima. Anche la foschia è dispersa dal riscaldamento del suolo o grazie al vento che rimescola l'aria ed elimina l'inversione termica.

La caligine è un'ostruzione alla visibilità dovuta a particelle solide, di solito prodotte da inquinamento industriale o da combustione. È talora unita a foschia e, in questi casi si parla di "smog", termine coniato dall'unione di "smoke" (fumo) e "fog" (nebbia). Ha un'altezza limitata, di solito non più di qualche centinaio o al massimo migliaio di piedi. Sopra la visibilità è buona, la linea di demarcazione tra la caligine e il sereno è netta.

Lo stabilirsi di una cappa di caligine è favorito da un'inversione termica. Si dissolve per rimescolamento dell'aria dovuto a moti convettivi o a un vento teso, rimescolamento cui segue la dispersione delle particelle.

IV CAPITOLO - Le masse d'aria e i fronti

Una massa d'aria è una vasta porzione dell'atmosfera con caratteristiche omogenee, acquisite per aver soggiornato su una regione terrestre per un tempo abbastanza lungo. È caratterizzata da **temperatura e umidità uniformi** nel piano orizzontale. Queste caratteristiche sono mantenute quando la massa d'aria si muove dalla regione di origine.

Se la regione d'origine è sul mare, la massa sarà molto umida, se sul deserto molto secca, se la regione d'origine è fredda, così sarà la massa. Le zone continentali desertiche danno luogo a masse d'aria calde e secche; gli anticicloni oceanici, quasi stazionari, a masse umide, calde o fredde secondo la latitudine; le calotte polari a masse molto fredde.

Origine	sottotipo	id.
Artica		A
Polare	Continentale Marittima	PC PM
Tropicale	Continentale Marittima	TC TM
Equatoriale		E

Tabella 7.17

Le masse d'aria si possono classificare, con riguardo alla latitudine e temperatura, nei tipi riportati nella **tabella 7.17**. La prima colonna è la zona d'origine; la temperatura cresce dall'aria artica alla tropicale. La suddivisione in sottotipo è in base al contenuto d'umidità: basso per l'aria di tipo continentale, alto per quella marittima.

Semplificando si dice che una massa d'aria fredda sia instabile, una calda sia stabile. In realtà, tutte le masse quando lasciano la regione d'origine sono stabili. Il comportamento successivo dipende dalla zona d'arrivo. Se una massa si sposta su una zona più calda, è **riscaldata dal basso e diventa instabile**; se invece arriva su un'area più fredda, è raffreddata dal basso e diviene più stabile.

Le masse d'aria, spostandosi, vengono a contatto con altre masse. L'aria più calda, grazie alla minore densità, sale sopra quella più fredda; analogamente l'aria più fredda s'insinua sotto quella più calda, sollevandola.

Le due masse rimangono distinte, tra loro si forma una superficie di discontinuità o superficie frontale o **fronte**.

I quattro tipi d'aria elencati: Artica, Polare, Tropicale, Equatoriale, che intervengono nella circolazione generale dell'atmosfera, danno luogo a **tre fronti principali**. Sono, a partire da Nord:

- Il fronte Artico, ove s'incontrano l'aria Artica e la Polare
- Il **fronte Polare**, tra l'aria Polare e la Tropicale
- InterTropical Convergence Zone (ITCZ) attorno all'Equatore

Le nostre zone sono interessate dal **fronte polare** che, nel corso dell'anno, si sposta tra le latitudini: $35^{\circ}\text{N} \leftrightarrow 65^{\circ}\text{N}$.

Sotto l'azione delle forze termiche e di pressione, i fronti principali si muovono continuamente e le loro oscillazioni instabili originano i fronti secondari. Questi, detti in breve "fronti", determinano le condizioni e i fenomeni sulla zona che interessano. I fronti si formano, si spostano e poi si dissolvono in tempi dell'ordine dei giorni.

FRONTE CALDO E FRONTE FREDDO

Un **fronte** si dice **freddo** se è l'aria fredda che avanza e s'incunea sotto quella calda, ferma o più lenta; si dice **caldo** se è l'aria calda che avanza e sale sulla fredda. In ogni caso, l'aria più calda si trova sempre sopra quella più fredda. La direzione di movimento è perpendicolare al fronte; la velocità è quella del vento geostrofico per il fronte freddo, è minore per quello caldo.

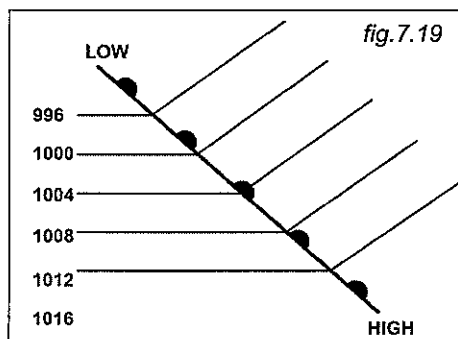
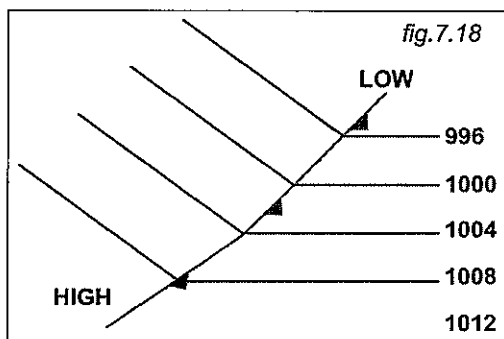
Essendo il fronte freddo più veloce, è tipica la situazione di un fronte freddo che ne insegue uno caldo. Quando il primo raggiunge il secondo, si fondono gradualmente, formando un **fronte occluso**, costituito da tre masse d'aria.

Fronti freddi attivi e veloci sono spesso preceduti da una linea di temporali molto violenti, chiamata la linea di groppo ("squall line"), in cui si possono talora incontrare anche moti vorticosi dell'aria, del tipo tornado. Una linea di groppo crea una situazione molto pericolosa, complicata dalla grande estensione, che rende difficile aggirarla.

Un fronte si definisce **stazionario** se rimane fermo, perché nessuna delle due masse d'aria riesce a spostare l'altra.

Nelle carte meteorologiche i fronti sono rappresentati da una linea, che ne indica la traccia, al suolo o in quota, con simboli: triangoli e semicerchi. Se la traccia del fronte è al suolo, triangoli e semicerchi sono pieni, se in quota vuoti. I triangoli indicano un fronte freddo, i semicerchi uno caldo; triangoli e semicerchi alternati indicano un fronte occluso.

Ad un fronte caldo è di solito associata aria stabile, che origina formazioni nuvolose stratiformi. Le precipitazioni sono leggere e persistenti, i venti leggeri o moderati, la visibilità è discreta o scarsa. Ad un fronte freddo è di solito associata aria instabile, che



Le figure 7.18 e 7.19 mostrano come sono rappresentati nelle carte meteo un fronte freddo (a sinistra) e uno caldo (a destra). Sono indicate le zone di bassa pressione (Low) e di alta (High) e le isobare, che dopo il fronte si piegano a destra, così come i venti. La direzione di movimento è perpendicolare al fronte e il verso è dato dalla posizione dei simboli; spesso c'è una freccia a dare la direzione e la velocità in nodi.

origina nubi cumuliformi, precipitazioni forti e di breve durata, venti forti, visibilità ottima. La velocità di un fronte freddo è maggiore: a causa dell'attrito col terreno il fronte freddo è più inclinato del fronte caldo ed ha un'estensione minore.

Anche se normalmente le nubi del fronte freddo sono cumuliformi, se il fronte è lento e l'aria stabile, le nubi sono stratiformi e le precipitazioni continue e poco violente.

Analogamente nel fronte caldo, se l'aria calda è instabile, alle nubi stratiformi si aggiungono nubi cumuliformi. I cumulonembi dei fronti caldi sono spesso affogati all'interno delle altre nubi e quindi non visibili.

I fronti caldi sono più frequenti d'inverno, quelli freddi d'estate.

FRONTE OCCLUSO

Il fronte occluso si forma quando un fronte freddo, più veloce, raggiunge un fronte caldo. In un'occlusione, avendosi un fronte caldo e uno freddo, vi sono tre masse d'aria: non è facile prevedere le caratteristiche del tempo. La violenza dei fenomeni dipende dall'instabilità delle masse, dalle loro temperature e dalla velocità di movimento dei fronti.

TURBOLENZA

La turbolenza è una successione di rapidi cambiamenti di velocità o intensità del vento, dovuti a correnti o raffiche. Provoca sobbalzi e scossoni che possono portare ad assetti inusuali e/o rendere l'aeromobile non controllabile. In casi estremi possono verificarsi deformazioni. La turbolenza è classificata in base all'effetto sull'aeromobile in:

- **leggera**: si verificano leggeri e ritmici sobbalzi ma non è difficile mantenere la traiettoria di volo

- **moderata**: si verificano sobbalzi e variazioni di assetto sensibili, ma l'aeromobile è sempre sotto controllo

- **forte**: si verificano ampie e brusche variazioni di altitudine e di assetto e l'aeromobile può andare fuori controllo per brevi periodi

All'interno delle nubi c'è turbolenza originata dalle correnti ascendenti connesse alla loro formazione. Nelle nubi stratiformi le correnti sono deboli, mentre nei cumuli le correnti e la turbolenza sono forti. È probabile trovare turbolenza termoconvettiva **dentro, sotto e vicino alle nuvole cumuliformi**, mentre al di sopra l'aria è in genere calma. Turbolenza molto forte s'incontra dentro, sotto e nelle vicinanze dei cumulonembi: può essere avvertita sino a 40 km.

La turbolenza meccanica è causata dall'urto di una corrente d'aria contro gli ostacoli e i rilievi del terreno. Se la velocità del vento aumenta, come nella strozzatura di una valle, la turbolenza aumenta. Crea turbolenza anche lo scorrimento relativo di due masse d'aria a velocità diversa.

Si incontra turbolenza sopra aree del suolo surriscaldate, anche se non ci sono cumuli a segnalare. Il diverso riscaldamento di aree con capacità termica diverse: erba, strade, acqua, abitato, eccetera, dà luogo a correnti ascendenti con velocità diverse, creando una situazione simile ad un'orografia variegata.

CAT è l'acronimo di Clear Air Turbulence (Turbolenza in Aria Chiara) e, non essendo associata a formazioni nuvolose, questa turbolenza è difficile da rilevare. Sebbene tipica delle alte quote ove i venti sono più forti, la si può incontrare anche a bassa quota ed è particolarmente pericolosa.

WIND SHEAR

In vicinanza di un temporale, l'aria fredda discendente si espande al suolo formando il **fronte di raffica**, una corrente molto forte che precorre il temporale a una distanza di oltre 10 km. Tra il fronte di raffica e la sovrastante aria calda la differenza di velocità può raggiungere 70÷90 kt. Questo è il Wind-Shear. Un aereo che incontra il WS è soggetto ad una rapida discesa. In taluni casi le prestazioni dell'aereo potrebbero non essere sufficienti per arrestare la discesa.

GHIACCIO

L'acqua può rimanere allo stato liquido anche a temperature inferiori allo zero: si dice che è in "stato di sopraffusione". È una condizione molto instabile: un urto la riporta allo stato d'equilibrio, facendola congelare. Il ghiaccio si forma e si accumula sull'aereo volando entro nubi o piogge in cui ci sono gocce d'acqua sopraffusa, che, all'urto con la struttura, congelano. I pericoli del ghiaccio sono molteplici: alterazione dei profili di ali, eliche ecc., appesantimento dell'aeromobile, disturbi agli apparati di comunicazione e radionavigazione, ed altri ancora.

PRECIPITAZIONI

Le precipitazioni, pioggia, neve e grandine, eccetera, si distinguono in base all'intensità in: **deboli, moderate, forti**. In base alla durata possono essere **continue** o **intermittenti**. Precipitazioni violente ma brevi sono dette rovesci.

V CAPITOLO - Il servizio Meteorologico

Il Servizio Meteorologico nazionale italiano è basato su una articolata rete di osservazione costituita da oltre un centinaio tra: stazioni presidiate, stazioni automatiche e in quota, e stazioni situate negli aeroporti civili, sui più importanti dei quali sono situati gli uffici meteorologici. Questo sistema è completato dall'elaborazione in tempo reale dei dati inviati dai satelliti METEOSAT e TIROS.

Il rilevamento dei dati in quota utilizza radiosonde equipaggiate con appositi sensori e dotate di GPS o LoranC per la determinazione della posizione. Le sonde vengono lanciate 4 volte al giorno e, portate in quota da un pallone a velocità ascensionale costante, registrano e inviano a terra i valori di pressione, temperatura e umidità, dal suolo sino a 30 km d'altezza. Dagli spostamenti della sonda si ricavano i venti in quota.

Si dicono osservazioni sinottiche quelle compiute contemporaneamente ogni 3 ore; ore sinottiche principali sono le 00, 06, 12, 18. Quando necessario, oltre a quelle di routine, vengono compiute osservazioni speciali.

Gli Uffici Meteorologici di aeroporto preparano le previsioni di aeroporto: i TAF, e danno ai piloti le informazioni meteo per il volo, tra cui le osservazioni sulle condizioni attuali: i bollettini METAR e SPECI. Le informazioni possono essere fornite come briefing, anche telefonico, oppure con la consegna di documentazione con le carte meteorologiche.

I BOLLETTINI METAR E SPECI

Le stazioni meteorologiche d'aeroporto trasmettono i rapporti delle osservazioni ai centri di raccolta, per ridistribuzione a tutti gli Uffici Meteorologici. Questi rapporti sono in forma codificata e pertanto di non immediata interpretazione, ma sono letti in chiaro agli aeromobili in volo che richiedono le condizioni attuali di un aeroporto ("le ultime di XXX") e a chi telefona all'ufficio meteorologico. I bollettini **METAR** (METeorological Aerodrome Report) sono trasmessi ogni mezz'ora negli aeroporti principali, ai minuti: 20 e 50; negli altri ogni ora, agli: 00. Quando i dati delle osservazioni di routine eccedono limiti prefissati, vengono eseguite osservazioni SPECIali. La struttura dei bollettini Metar e Speci è la seguente:

- indicatore tipo rapporto: "**Metar**"
- indicatore località: è il codice ICAO della località
- data e orario osservazione: nella forma "gg hh mm Z" (giorno ore minuti orario Z)
- direzione e velocità del vento al suolo
- visibilità
- fenomeni in corso
- quantità e altezza delle nubi
- temperatura dell'aria e del punto di rugiada
- QNH
- Informazioni supplementari
- Il segno "=" chiude il messaggio

LE PREVISIONI TAF

Le previsioni d'aeroporto sono trasmesse utilizzando il codice TAF (Terminal Aerodrome Forecast). Anch'essi sono stesi in forma codificata ma letti in chiaro agli aeromobili in volo e a chi si rivolge agli uffici meteo aeroportuali.

Le previsioni coprono le 12 o le 9 ore successive all'emissione (forecast corti); quelli lunghi hanno validità di 24 o 18 ore. Le previsioni corte sono emesse ogni 3 ore, quelle lunghe ogni 6 ore. La brevità del periodo e la frequenza di emissione assicurano una elevata attendibilità delle previsioni.

Contengono quasi tutte le informazioni dei METAR.

AVVISI

Gli avvisi riportano fenomeni meteorologici, osservati o previsti, pericolosi per la navigazione aerea, con particolare enfasi su quelli più pericolosi per la categoria cui sono indirizzati. Sono distinti per le tre FIR: Milano, Roma, Brindisi.

Gli AIRMET (AIRmen's METeorological Information) sono rivolti ai voli VFR, e per tale categoria riportano i fenomeni più pericolosi, soprattutto a bassa quota (sino a FL100), quali: nubi basse, scarsa visibilità, turbolenza, attività convettiva, temporali e altri ancora. I SIGMET (SIGNificant M. information) sono rivolti ai voli IFR; con particolare attenzione allo spazio aereo della Regione Superiore (UIR).

Altri avvisi riguardano la possibilità di Wind Shear rilevata tramite il radar Doppler, la presenza sull'area di manovra aeroportuale di: ghiaccio, neve, neve fondente, o acqua, eccetera.

Un "Bird" Notam è emesso per la presenza di uccelli vicino alla pista. L'ingestione di uccelli causa gravi avarie ai motori a getto. Per i motori a elica il pericolo non è così grave; l'impatto di un volatile provoca comunque danni.

LE RADIODIFFUSIONI METEOROLOGICHE

Le radiodiffusioni meteo hanno lo scopo di fornire con continuità agli aerei in volo le informazioni meteo più recenti. I VOLMET sono rivolti agli aerei in rotta, gli ATIS agli aerei in avvicinamento o in partenza da un aeroporto.

In Italia quattro stazioni: Milano, Pisa, Roma e Brindisi, trasmettono ininterrottamente messaggi meteorologici VOLMET (METeorological information for aircraft in flight) su frequenze VHF. Aggiornati regolarmente o quando cambiano le condizioni, si basano sui bollettini METAR e TAF, letti in chiaro, per i principali aeroporti nella FIR di emissione e altri vicini.

L'ATIS (Automatic Terminal Information Service) è un servizio d'informazioni rivolto agli aerei in avvicinamento o in partenza da un aeroporto. Le informazioni sono: pista in uso, vento in gradi magnetici, visibilità e/o RVR, situazione del tempo, nubi, temperatura e temperatura di rugiada, QNH, tempo significativo, tendenza a breve, eccetera. Sono riportate anche le informazioni rilevanti sull'aeroporto, quali: agibilità piste, coefficienti di attrito, eccetera. Immediatamente aggiornati appena cambiano le condizioni, i messaggi ATIS sono trasmessi con continuità in chiaro su frequenze VHF. Sono identificati da una o due lettere; iniziando da A per il primo messaggio del giorno, e poi in sequenza: B, C, D, eccetera, per i successivi.

PREVISIONI D'AREA

La situazione meteorologica **esistente al suolo** è riportata nelle carte sinottiche del tempo in superficie, identificate da **AS (Analysis Surface)** e disegnate utilizzando le rilevazioni al suolo.

Le carte sinottiche del **tempo in quota**, identificate da **AU (Analysis Upper)** sono disegnate utilizzando le rilevazioni in quota, le fotografie e i dati trasmessi dai satelliti meteorologici, quelli inviati automaticamente dagli aerei in volo e le informazioni comunicate dai piloti.

Le previsioni sono finalizzate nelle **carte del tempo significativo** e in quelle del **vento e della temperatura in quota**, carte che coprono diversi giorni dalla data di emissione e aree anche molto estese.

Le carte del tempo significativo, emesse ogni 6 ore dalle 00 UTC, sono identificate da: **SW (Significant Weather)**. Riportano la situazione prevista e i fenomeni significativi per il volo.

Coprono livelli crescenti, quella per il volo a bassa quota è la:

SWL (Significant Weather Low) riporta la situazione prevista da livello del mare a 10.000 ft. Sono disponibili anche carte con la temperatura e il vento in quota.

LE INFORMAZIONI AI PILOTI

Le informazioni meteorologiche possono essere ottenute presso l'Ufficio Meteorologico Aeroportuale, recandovisi di persona o telefonando. Un previsore, oltre a leggere e commentare i messaggi meteo, è in grado di inquadrarli nell'evoluzione generale del tempo. È anche, di solito, disponibile a fornire una previsione specifica per la rotta pianificata. L'esposizione verbale di un previsore è sicuramente più affidabile, articolata e completa di una scorsa veloce ai METAR e TAF, che sono comunque facilmente reperibili.

I messaggi meteorologici e le carte del tempo significativo si possono trovare in Internet in molti siti. Molto ben strutturato e completo è quello dell'Aeronautica Militare Italiana, allo <http://www.meteoam.it/>. Il sito contiene le previsioni civili in chiaro ed i messaggi aeronautici con tabelle per la decodifica e le spiegazioni, ci sono inoltre le immagini dai satelliti e molte cartine meteorologiche. Tra i molti disponibili è degno di menzione per la sua affidabilità un sito norvegese: lo YR allo <http://www.yr.no/> che dà in chiaro le previsioni per tutte le località Italiane ed Europee.

PROCEDURE OPERATIVE

Sono chiamate Procedure Operative le norme che devono essere seguite nell'impiego degli aeromobili e le procedure raccomandate al fine di condurre il volo nel modo più efficiente e sicuro.

Prima di poter effettuare operazioni specializzate, l'attività di sperimentazione è indispensabile. Ciò non solo perché non ci sono alla data SAPR certificati, ma soprattutto perché ogni SAPR è un sistema unico per le personalizzazioni dei sistemi di controllo e per i vari accessori.

Conclusa questa fase, potranno essere svolte le attività specializzate.

Il primo capitolo elenca le condizioni in cui la sperimentazione dev'essere effettuata e le situazioni in cui deve essere valutato il comportamento del SAPR.

Il secondo capitolo è intitolato "Operazioni specializzate - Un volo".

In linea con quanto da lungo tempo standard nell'aviazione civile, sono descritte: le procedure normali per i vari momenti del volo, le procedure di emergenza e le "checklist" con le varie attività. Sono elencate anche le attività di manutenzione ordinaria e programmata.

Per illustrare in modo più efficace e concreto le varie procedure e operazioni si è preferito descrivere quelle di un quadricottero reale. Le procedure, le checklist e le operazioni di manutenzione di questo capitolo, estratte dal relativo manuale, sono quelle previste per un quadricottero specifico, il Ladybird che appare in copertina.

I CAPITOLO - Attività sperimentale e Operazioni Specializzate

I SAPR sono sistemi complessi e non esiste una standardizzazione delle loro caratteristiche. Anche SAPR di peso leggero possono causare danni gravi. Le stesse operazioni sono complesse: i voli sono condotti a bassa quota e gli scenari sono innumerevoli e funzione della specificità delle operazioni.

ATTIVITÀ SPERIMENTALE

Se il sistema è già stato caratterizzato perché è stato certificato o approvato, ha già un manuale di volo e non serve attività sperimentale. In pratica, siccome alla data l'ENAC non ha certificato nessun drone ed inoltre un drone viene personalizzato dall'operatore sia per gli accessori installati a bordo sia per i parametri con cui sono stati impostati centralina e radiocomandi, la sperimentazione è sempre necessaria. Ai droni di costruzione italiana è data la possibilità di fare una sperimentazione "post-produzione"; il costruttore fornisce all'acquirente il manuale di volo.

Prima di iniziare l'attività sperimentale è necessaria una valutazione del rischio. Sarà valutata la conseguenza dell'avverarsi del rischio e la probabilità dell'evento.

Prima ancora si giudicherà se l'area di prova sia adeguata, in particolare come dimensioni rispetto all'autonomia e come distanza da aree popolate, così da cautelarsi nel caso di eventuali malfunzionamenti.

Nel caso non sia adeguata, al fine di impedire il volo fuori controllo all'esterno dell'area designata per la sperimentazione, occorre prevedere misure precauzionali. Esempi possono essere: dispositivi di interruzione del volo, limitare l'autonomia, condurre i voli in aree recintate o che non siano oltrepassabili per la presenza di ostacoli naturali o artificiali, quali ad esempio: alberi, edifici, costruzioni in cemento armato o in acciaio.

In alternativa alla segregazione possono essere usati dispositivi, come il cavo di ritenuta, che impediscano all'APR di superare l'altezza massima autorizzata e/o di invadere spazi aerei controllati.

La sperimentazione dev'essere condotta in sicurezza, in aree non popolate, ad adeguata distanza da aree congestionate e in spazi aerei regolamentati o segregati. Deve procedere con un approccio incrementale per minimizzare i rischi.

La sperimentazione, condotta in aree segregate o regolamentate, si configura come attività non critica e quindi può essere effettuata sulla base della dichiarazione dell'operatore. Occorre attendere di comparire sul sito dell'ENAC.

Lo scopo della sperimentazione in volo è determinare le caratteristiche, le limitazioni, le prestazioni, le procedure normali e di emergenza, informazioni tutte che saranno incluse nel Manuale di Volo. Il Manuale deve inoltre contenere procedure pre-volo che consentano di verificare lo stato di navigabilità e la funzionalità dei dispositivi di emergenza.

Le prove devono determinare o confermare le caratteristiche del SAPR, in termini di manovrabilità, comando e controllo, prestazioni, in modalità di operazione manuale e automatica, capacità di navigazione, determinazione dei limiti VLOS, uso ed efficienza dei sistemi di recupero/interruzione del volo.

Le prove devono essere condotte anche nelle seguenti condizioni limite:

- ♦ peso massimo e minimo per tener conto dell'inerzia dell'APR

- ♦ massima quota al decollo e massima quota operativa
- ♦ minima e massima temperatura operativa
- ♦ vento massimo

Devono essere verificate:

- le prestazioni di decollo, di atterraggio e di salita
 - il passaggio da controllo automatico a manuale
 - la controllabilità
 - la precisione di navigazione in modalità automatica o assistita
 - limiti Data link
 - limiti VLOS
 - per gli APR con motore elettrico il comportamento in progressiva perdita di carica della batteria
 - l'efficienza dei sistemi di recupero/interruzione del volo
- Dev'essere verificato anche il comportamento nelle seguenti situazioni simulate:
- perdita link
 - perdita GPS
 - perdita del sistema di propulsione
 - blocco servoattuatori

Terminata la sperimentazione con esito positivo, sarà compilata una sintesi dei risultati di volo, che serviranno anche per la stesura del Manuale di Volo. Inviata la necessaria documentazione all'ENAC, si comparirà nel sito ENAC come Operatore di operazioni specializzate e si potrà iniziare.

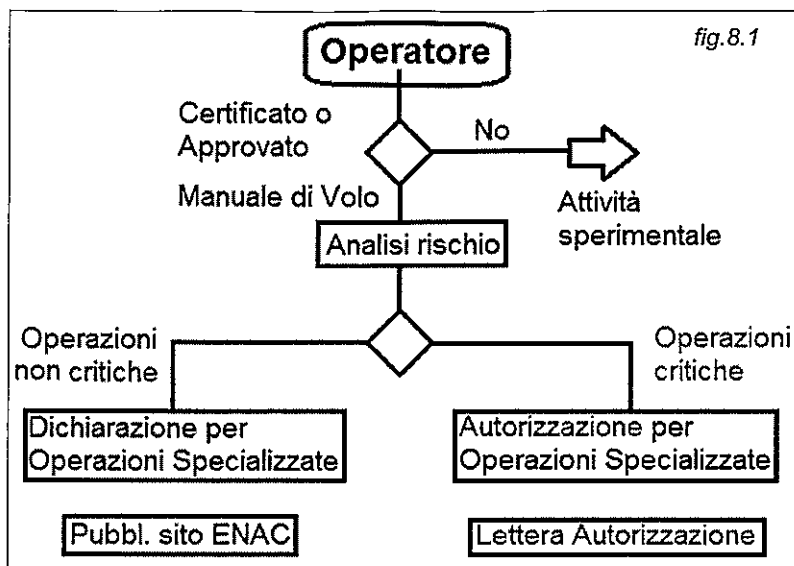
OPERAZIONI SPECIALIZZATE

Per svolgere operazioni specializzate è responsabilità dell'operatore determinare la criticità delle operazioni attraverso un processo di valutazione degli scenari previsti di impiego, considerando non solo le aree delle operazioni ma anche quelle limitrofe che potrebbero essere interessate in caso di malfunzionamenti.

Per operazioni **non critiche** è sufficiente la **Dichiarazione**, per **operazioni critiche** è necessaria la **Autorizzazione**. I moduli fac-simile relativi si trovano nel sito dell'ENAC.

Se dalla valutazione l'operatore raggiunge una ragionevole confidenza che l'attività è non critica, può inviare all'ENAC la relativa dichiarazione. Ciò implica che deve aver svolto l'analisi di rischio. Il rischio è dato dal prodotto del danno potenziale per il rateo di occorrenza dell'evento e dev'essere determinato sia in condizioni normali sia nel caso di malfunzionamenti che avvengano nell'area delle operazioni, nell'area buffer e nelle aree limitrofe.

Il livello di rischio specifico deve essere minore del rischio accettabile. È possibile con opportuni accorgimenti far divenire non critica una operazione critica. Tra questi accorgimenti vi sono ad esempio: la segregazione dell'area, l'utilizzo del cavo di ritenuta, un orario particolare nella giornata.



La fig. 8.1 è il diagramma di flusso per le attività sperimentali e le operazioni critiche. Se il SAPR non è certificato o approvato, l'attività sperimentale è un prerequisito. Ultimata questa con esito positivo l'Operatore potrà svolgere operazioni specializzate, previa analisi di rischio per determinare se sono critiche o non critiche.

LIVELLO ED ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO

La conseguenza dell'avverarsi del rischio è definita di criticità catastrofica se la caduta o l'avaria dell'APR potrebbe causare morte o lesioni gravi a terzi a terra o in aria, direttamente o indirettamente.

I rischi per terzi a terra sono dovuti a perdita di controllo con caduta oltre il buffer; i rischi per terzi in aria derivano dalla fuoriuscita verticale dal volume in salita incontrollata con possibilità di collisioni.

Le cause che possono portare ad un evento catastrofico sono:

1. Cause tecniche

- operazione in modo automatico - un malfunzionamento del sistema di navigazione automatico e contemporanea incapacità di controllo manuale del sistema da parte del pilota
- operazione in modo manuale - perdita di controllo manuale associata ad avaria dei sistemi automatici di backup o di recupero
- perdita completa della alimentazione elettrica
- perdita della propulsione
- rotture di tipo strutturale

2. Fattori umani

- identificazione non corretta dello scenario operativo e limitazioni
- procedure operative non corrette o non seguite
- errori dovuti a qualificazione inadeguata del pilota
- errori di condotta
- manutenzione inadeguata

3. Meteo

- raffica improvvisa o esposizione a vento imprevisto

A seconda dell'area in cui si svolgeranno le operazioni il rischio con effetto catastrofico può essere accettabile.

Sono considerate operazioni non critiche quelle che avvengono su aree non critiche e non comportano rischi non accettabili in caso di avaria. Le prove sperimentali simulando perdita di controllo possono aiutare a determinare il comportamento dell'APR in caso di avaria, in particolare le massime escursioni verticale ed orizzontale possibili.

Operazioni critiche sono quelle condotte deliberatamente in un'area a rischio e qualsiasi avaria che termini in un impatto al suolo è un evento potenzialmente catastrofico. Tali sono le operazioni su aree congestionate: aree residenziali o che, per loro natura, possono risultare in assembramenti di persone e quelle in vicinanza di infrastrutture sensibili.

Ai fini della determinazione del rischio è posta uguale al 100% la probabilità che, in caso di incidente in aree congestionate, l'APR possa colpire persone e causare lesioni gravi o perdite umane. Per mantenere lo stesso livello di rischio dell'aviazione tradizionale (operazioni degli elicotteri), il rateo accettabile di occorrenza dell'evento catastrofico deve essere inferiore a 1 su 1.000.000 per ora di volo.

Per il calcolo del livello e dell'accettabilità del rischio si rimanda alle guide dell'ENAC.

CONDIZIONI DI VOLO

L'operatore deve accertarsi che:

1. le condizioni meteo consentano il volo, e la ricezione dei segnali GPS sia buona
2. il drone sia in buone condizioni di efficienza
3. l'autonomia sia sufficiente
4. il carico non ecceda il consentito e sia fissato correttamente
5. Verificherà di avere con sé la documentazione prevista

PILOTA

Il pilota, e gli altri membri del team, non devono iniziare le operazioni se non in perfette condizioni psico-fisiche.

CONDIZIONI METEO

Le previsioni meteorologiche sono disponibili in molti siti.

Il valore massimo del vento accettabile è determinato dalle caratteristiche del mezzo e dalle inevitabili vibrazioni che si riflettono sulla qualità delle immagini.

EQUIPAGGIAMENTI

Prima delle operazioni il pilota deve assicurarsi che nell'area di operazione il data link abbia l'affidabilità necessaria in termini di livello di segnale e continuità del collegamento, in particolare in presenza di eventuali ostacoli.

Devono essere installati e funzionanti gli strumenti necessari per fornire le informazioni per il controllo e comando dell'APR, deve essere garantita la visibilità in tutte le

condizioni di luce previste per le operazioni. Si verificherà anche la leggibilità degli schermi del radiocomando e della ground station.

Le informazioni per il controllo sono¹:

- altezza, velocità, posizione, prua, assetto (per operazioni BLOS)
- parametri del sistema di propulsione necessari a controllare le prestazioni e per condurre il mezzo

- stato delle batterie e stima autonomia residua (quantità carburante se applicabile)
- stato del segnale del data link;
- stato segnale GPS

Inoltre devono esservi i seguenti avvisi e allarmi:

- alta temperatura batterie (livello minimo carburante se applicabile)
- perdita segnale all'APR, perdita segnale del data link, perdita segnale del GPS
- attivazione del Sistema di Terminazione del Volo (se applicabile)

Se le operazioni sono in spazi aerei controllati deve esservi anche:

- Transponder
- Radio per comunicazioni con gli Enti del Traffico Aereo

PROCEDURE

Il volo si svolgerà in accordo al piano predisposto. Le procedure sono specificate nel Manuale di Volo e nel Manuale delle Operazioni per lo specifico SAPR, manuale che contiene:

1. le condizioni e procedure previste per l'impiego, in relazione alla tipologia dell'operazione e all'area e spazio aereo interessato
2. ogni misura necessaria per la protezione di parti terze a terra ed in aria
3. la lista degli equipaggiamenti che devono essere presenti ed efficienti per le diverse tipologie di operazioni

Il coordinamento prima del volo ("briefing") tra Pilota, Osservatore e Fotografo (se presente) è indispensabile.

I limiti del volo nel V70 sono: 70 m di altezza e 200 m di distanza dal pilota, e sono impostabili nell'autopilota.

È bene decollare da una zona che si presti anche ad un eventuale rientro di emergenza, che potrà avvenire in una posizione distante alcuni metri da quella del decollo se è attivata la funzione RTH. Sono da evitare zone con alberi o fili elettrici o tralicci e quelle sottovento a costruzioni per la possibile turbolenza.

Il coordinamento e il consenso dell'Osservatore, che avrà verificato che la zona sia libera, sono indispensabili.

Dopo l'atterraggio

Atterrati, non appena i rotori sono fermi è bene staccare subito le batterie, procedendo come nella checklist.

Oltre alle operazioni necessarie al completamento della missione, relative ad esempio alle riprese fotografiche, è bene compilare non appena possibile il logbook del pilota e quello dell'APR, annotando eventuali eventi anomali.

1. Circolare ENAC Navigabilità 30-4-2014 par. 18.1, 18.2

II CAPITOLO - Operazioni specializzate - Un volo

Prima di iniziare il volo è importante conoscere le caratteristiche del mezzo che verrà impiegato.

Qui sotto è riportata la scheda tecnica di un quadricottero.

Nelle pagine successive si possono trovare le attività relative ai diversi momenti:

- Preparazione alla missione
- Checklist
- Procedure normali di volo
- Emergenze
- Programma di manutenzione

SCHEDA TECNICA LADYBIRD

Dimensioni

Ingombro massimo senza eliche	580 x 580 x 280 mm
-------------------------------	--------------------

Pesi

A vuoto	1,493 kg
A vuoto con batterie	1,810 kg
Peso massimo al decollo (MTOM)	1,920 kg

Velocità operative

Velocità massima in volo livellato	8 m/s
Massimo rateo di salita	6 m/s

Tangenza

Quota massima sul livello del mare	3.000 m
------------------------------------	---------

Autonomia

Condizioni normali	15 min
--------------------	--------

Condizioni operative - Volo diurno in condizioni VMC

Altitudine	Sino a 2.000 m
Vento ammesso	Sino a 6 m/s
Temperatura	Da -10°C a +50°C (14°F a 122°F)
Pioggia, Nebbia	Volo non consentito

PREPARAZIONE ALLA MISSIONE

AREA DI APPRONTAMENTO

Le operazioni di approntamento del velivolo vengono effettuate in un'area scelta dal pilota. L'area è destinata a contenere i mezzi ed i materiali di supporto logistico necessari allo svolgimento della missione e dev'essere in posizione tale da non interferire con le operazioni di volo.

PUNTO DI DECOLLO

Il punto di decollo va individuato tenendo conto della presenza di ostacoli e della direzione del vento. È importante che non sia all'interno di una zona con elevata turbolenza. Il velivolo dev'essere distante almeno 10 metri dall'ostacolo più vicino. Si presterà attenzione ai seguenti punti:

- Se la presenza di ostacoli riduce la ricezione del segnale GPS, il punto di decollo non è adatto.
- Per rilevare il vento e la turbolenza al suolo si utilizzerà una manica a vento o altro mezzo equivalente.
- In fase di decollo la polvere e i detriti sollevati dalle eliche possono danneggiare le stesse od essere aspirati all'interno dei motori provocandone l'arresto. Qualora il suolo sia costituito da sabbia, terra smossa o vi siano detriti è opportuno servirsi di una **piattaforma di decollo** in materiale rigido o semirigido che abbia dimensioni di almeno 1 metro per 1 metro.

ZONA DI SGOMBERO

La zona di sgombero è un cerchio di 10 m di raggio centrato sul punto di decollo. All'interno di tale zona non può accedere nessun estraneo (tranne gli addetti) per tutto il tempo in cui rimane attiva. La zona si attiva al momento in cui le batterie di volo vengono caricate sul velivolo, rimane attiva durante il volo e si disattiva solo quando sono rimosse. Osservatori possono accedere alla zona su richiesta del pilota.

AREA DI SICUREZZA

Tutto il personale non direttamente coinvolto nelle operazioni di volo deve stare in una o più zone di sicurezza poste almeno a 50 metri dal punto di decollo e non deve uscirne per tutta la durata della missione. I mezzi di trasporto, il materiale logistico ed altri materiali vanno posizionati in zone di sicurezza.

Le zone di sicurezza vanno adeguatamente individuate, la loro gestione è affidata all'osservatore.

PILOTA E OSSERVATORE

Il pilota è coadiuvato da uno o più osservatori con la funzione di assisterlo e coadiuvarlo nello svolgimento della missione. L'osservatore, che deve possedere un'adeguata

formazione, è incaricato dei compiti sotto-elencati e di altri che siano stati precedentemente concordati col pilota. Il pilota può richiedere la presenza di più osservatori se necessari per la missione; il numero è a discrezione del pilota e operatore ed è riportato sul manuale delle operazioni. I compiti dell'osservatore sono:

- Verificare che la zona di sgombero sia libera durante la missione
- Verificare che lo spazio aereo sia libero durante la missione
- Allontanare gli estranei dalla zona di sgombero
- Assistere il pilota nella lettura delle check list
- Armare e disarmare il velivolo
- Spostare il velivolo dalla area di approntamento al punto di decollo
- Recuperare il velivolo dopo l'atterraggio
- Coadiuvare il pilota nella gestione delle emergenze
- La check list viene letta dal pilota, eventualmente coadiuvato dall'osservatore

Pilota e Osservatore devono essere identificabili da opportuno abbigliamento costituito da giacchetti ad alta visibilità che riportino la dicitura "PILOTA" e "OSSERVATORE".

COMUNICAZIONI

Le comunicazioni tra il personale coinvolto nelle operazioni di volo devono essere chiare e inequivocabili. In particolare il pilota deve poter comunicare con gli osservatori in modo sicuro e privo di interferenze. Qualora le condizioni ambientali ne pregiudichino la qualità, le comunicazioni devono avvenire mediante sistemi radio o similari.

CHECKLIST

CONTROLLI Pre-VOLO

- Verificare l'idoneità della zona di sgombero
- Verificare la qualità del suolo nel punto di decollo
- Verificare le condizioni atmosferiche
- Verificare la qualità del segnale GPS

CONTROLLI Pre-DECOLLO

- Copertura elettronica bloccata
- Eliche libere di ruotare
- Selettore modalità di volo su GPS ATTI
- Interruttore trasmettitore radiocomando su ON
- Batteria bloccata e connessa²
- Interruttore accensione elettronica di bordo su ON³
- GPS look eseguito ed indicato sulla telemetria⁴
- Segnalatore ottico GPS look verde lampeggiante
- Zona di sgombero libera
- Personale in sicurezza
- Spazio aereo libero

2. Inserimento Batterie

L'inserimento della batteria di bordo viene fatto subito prima del decollo dall'osservatore su ordine del pilota. La batteria deve essere bloccata nel suo alloggiamento e il connettore deve essere collegato con il distributore di corrente.

L'osservatore deve accertarsi del corretto inserimento della batteria e dell'avvenuto contatto elettrico.

3. Accensione Elettronica di Bordo

L'elettronica di bordo viene accesa dall'osservatore spostando l'interruttore principale su ON. L'accensione dell'elettronica deve rispettare la sequenza della check list e dev'essere prontamente comunicata al pilota.

4. Acquisizione Segnale GPS

Il GPS impiega circa 30 secondi ad acquisire i satelliti. L'acquisizione è segnalata al pilota sia mediante il led di bordo sia tramite la telemetria. Nel caso sia necessario un tempo superiore al minuto occorre verificare lo stato della costellazione GPS usando un ricevitore satellitare portatile o mezzi analoghi.

*Il GPS di bordo deve acquisire **almeno 6 satelliti** per operare in modalità **GPS ATTI**.*

PROCEDURE NORMALI DI VOLO

DECOLLO

1. Avviare i motori del velivolo seguendo la procedura riportata sul manuale dell'autopilota e verificare che girino con velocità paragonabili⁵
2. Portare lo stick di controllo della quota al 100% della corsa e sollevare il velivolo dal suolo
3. Al raggiungimento della quota di circa 2 metri portare lo stick allo 80% della corsa
4. Al raggiungimento di una quota di 5-6 metri arrestare l'ascesa portando tutti gli stick al centro
5. Verificare che quota e posizione vengano mantenute⁶

SALITA

1. Verificare con l'aiuto dell'osservatore che lo spazio aereo sia libero
2. La salita alla quota prevista deve essere fatta con traiettoria verticale sopra la zona di sgombero
3. Con velocità di salita compresa tra 2 m/s e 3 m/s

VOLO AUTOMATICO

Nel caso di operazioni che implicino l'impiego della modalità di volo automatico è opportuno che si porti il velivolo alla quota prevista per la missione in **modalità GPS ATTI**.

L'osservatore potrà coadiuvare il pilota riportando la quota. Raggiunta la quota prevista potrà iniziare la missione automatica. Il pilota può delegare all'osservatore la gestione della Ground Control Station.

Durante il volo automatico il **pilota** deve seguire costantemente lo svolgersi della missione ed essere **pronto ad intervenire per interromperla** in qualsiasi momento.

Per uscire dalla modalità volo automatico:

1. spostare il selettore di modalità dalla posizione GPS ATTI ad ATTI
2. lasciarlo in questa modalità almeno 2 secondi
3. riportarlo su GPS ATTI

VOLO MANUALE

Il volo manuale è adottato per missioni che implicino un frequente cambio di direzione o quota e più in generale quando il profilo del volo non è compatibile con una programmazione automatica.

5. Per una descrizione completa delle modalità di avviamento e spegnimento del velivolo riferirsi al manuale autopilota NAZA V2-M Quick Start Guide v 1.26.

6. Nel caso il velivolo mostri un **comportamento anomalo** e non mantenga quota e posizione **atterrare immediatamente**.

Al fine di minimizzare il consumo delle batterie è opportuno eseguire le manovre con dolcezza ed evitare cambi di quota e di direzione troppo repentini.

- Il volo manuale è normalmente eseguito in modalità GPS ATTI
- Può essere eseguito in modalità ATTI se la qualità del segnale GPS è scarsa. In tale modalità il velivolo tenderà a scarrocciare nella direzione del vento

AVVICINAMENTO E ATTERRAGGIO

1. Dirigere il velivolo verso la zona di sgombero e posizionarlo sulla verticale del punto di atterraggio a quota di circa 20 m. Da questo punto
2. Iniziare la discesa finale impostando un rateo di discesa di circa un 1 m/s
3. A quota di 2 metri ridurre il rateo di discesa fino a toccare il suolo con dolcezza.

In caso di turbolenza mantenere un rateo di discesa elevato fino a pochi centimetri da terra.

EMERGENZE

ARRESTO DI UNO O PIÙ MOTORI

L'arresto di un motore provoca una rotazione sull'asse di imbardata ed instabilità nel controllo.

★ **Atterrare immediatamente** cercando di dirigere il velivolo sopra la più vicina zona sgombra.

L'arresto di più motori provoca la perdita di controllo del velivolo e la sua caduta al suolo.

★ **Azionare il FTS (Flight Terminator System).**

PERDITA DI CONTROLLO

Riscontrata l'incapacità di controllare il velivolo in rollio o beccheggio o imbardata o quota:

★ **Attivare la funzione RTH (Return To Home)**

in caso di mancata risposta del velivolo **spegnere il trasmettitore del radiocomando.**

★ **Se entrambe le manovre non portano a risultati azionare il FTS.**

PERDITA DEL SEGNALE GPS

Durante il volo è necessario verificare con frequenza la qualità del segnale GPS.

La perdita di segnale GPS è indicata dalla telemetria e dal passaggio in automatico alla modalità ATTI.

★ **Interrompere immediatamente la missione e dirigere il velivolo verso la zona di sgombero.**

Se la distanza non consente di capire l'orientamento della prua del velivolo, l'osservatore la rileverà servendosi di un binocolo o mezzi analoghi e la comunicherà al pilota.

RECUPERO DEL VELIVOLO

In caso di caduta del velivolo il recupero deve avvenire ad opera del pilota o di un osservatore.

★ **La prima operazione nel recupero è disarmare il velivolo e rimuovere le batterie di bordo.**

INCENDIO DEL MEZZO

Nell'urto al suolo può verificarsi la rottura dell'involucro di una batteria e l'innescarsi di un incendio.

- ★ Rimanere a **distanza di sicurezza**
- ★ Attendere che il fuoco si spenga spontaneamente
- ★ Verificare che non si estenda all'ambiente circostante

MANCATO SPEGNIMENTO DEI MOTORI

- ★ Attendere che le **batterie si esauriscano**
- ★ Non tentare mai di arrestare i motori bloccando le eliche

PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Dopo ogni missione deve essere fatto il Controllo post-volo; la manutenzione straordinaria va fatta in caso di eventi anomali e la manutenzione programmata alle scadenze previste nel calendario.

Controllo post-volo

Comprende le verifiche funzionali delle componenti del velivolo, in ambiente operativo o in adeguata struttura. È fatto al termine di tutte le missioni in cui non si sono riscontrati eventi anomali o danni importanti o permanenti. Viene eseguita dal pilota o da un osservatore ed è articolata nei punti seguenti:

CELLULA

Verificare l'integrità generale della struttura, controllare che i bracci siano allineati tra loro e non presentino distorsioni, assicurarsi che non vi siano segni di corrosione e la verniciatura sia in buono stato.

CUPOLA DI PROTEZIONE DELL'ELETTRONICA

Verificarne l'integrità strutturale e lo stato della verniciatura, controllare che gli elastici di fissaggio siano in buono stato e che si allunghino di almeno il 30%.

PATTINI DI ATTERRAGGIO

Controllare l'integrità strutturale, l'assenza di delaminazioni, verificare che le viti di fissaggio non siano allentate e che i supporti di alluminio non siano piegati o fuori asse.

ELICHE

Controllare che non ci siano danni al bordo di attacco, crepe visibili, graffi profondi o parti mancanti. Verificare che non ci siano piegature di alcun genere. Nel caso sia necessario sostituire le eliche verificare che le nuove siano bilanciate e abbiano lo stesso verso di rotazione.

MOTORI

Verificare che il motore giri liberamente, che non sia presente sporco o corpi estranei, che non vi siano giochi di alcun genere, che il Segger di fissaggio dell'asse sia integro ed al suo posto, che la superficie della cassa non sia danneggiata e che i cavi di alimentazione non siano scoperti.

REGOLATORI

Verificare che siano ben fermi e che gli O-ring di fissaggio non presentino crepe o screpolature. Controllare che i connettori bullet siano bloccati e che i cavi di collegamento col motore non presentino danneggiamenti o rotture. Verificare che il connettore di col-

legamento con il distributore di corrente sia in buono stato e inserito. Verificare che non siano presenti segni di corrosione o bruciature sui connettori. Nel caso i connettori presentino segni di corrosione o bruciature occorre assolutamente determinarne le cause.

DISTRIBUTORE DI CORRENTE

Il distributore di corrente è un elemento critico e dev'essere sempre verificato attentamente. Controllare che la vernice isolante che ricopre il distributore sia integra e in buono stato, i connettori siano ben saldi e la vernice che ricopre il punto di saldatura sia priva di crepe. Verificare con attenzione il connettore di ingresso della batteria di alimentazione poiché è soggetto a sollecitazioni quando si inserisce e disinserisce la batteria. Verificare che non siano presenti segni di corrosione o bruciature sui connettori.

!!! Volare con un distributore di corrente danneggiato può portare alla perdita del velivolo. !!!

ELETTRONICA DI CONTROLLO

Per verificare l'elettronica di guida e controllo è necessario smontare la cupola di protezione. Verificare che le componenti siano ben ferme e che i cavi di fissaggio siano in buone condizioni. Controllare che le spinette di connessione tra le varie componenti siano ben inserite. Controllare che l'antenna del GPS sia orientata correttamente verificando che la freccia si orientata come da disegno del manuale. Controllare lo stato delle antenne dello RCRX e del modem, in particolare lo stato della parte terminale che non deve presentare danneggiamenti di sorta.

!!! L'orientamento non corretto dell'antenna del GPS causa errori di navigazione e orientamento del velivolo. !!!

MANUTENZIONE PROGRAMMATA

Il velivolo è caratterizzato da una notevole semplicità costruttiva ma alcuni componenti sono comunque soggetti a deperimento e vanno verificati e sostituiti.

La manutenzione programmata prevede interventi che dipendono dalle ore di volo del velivolo, e vanno dalla verifica funzionale delle varie componenti sino al ricondizionamento totale che comporta lo smontaggio completo del mezzo. Deve essere effettuata secondo le scadenze previste nel calendario, che indica anche le operazioni da effettuare.

Le operazioni possono essere eseguite solo dal costruttore o da un soggetto da lui autorizzato.

CALENDARIO VERIFICHE

ORE VOLO	VERIFICHE	A CURA dello
1	Verifica eliche, elastici protezione elettronica, tenuta bulloneria	Operatore
10	Verifica gioco alberi dei motori, condizioni pattini di atterraggio, connettori batterie, verniciatura	Operatore
20	Sostituzione eliche	Operatore
40	Verifica connessioni elettriche, allineamento struttura, tenuta rivetti	Operatore
100	Ricondizionamento totale	Costruttore

NB 1. Gli unici interventi permessi al pilota ed all'operatore sono la sostituzione delle eliche, delle batterie, degli elastici della protezione elettronica ed il ripristino del serraggio della bulloneria.

NB 2. La sostituzione dei motori può essere effettuata solo presso il costruttore.

BATTERIE

Il pacco batterie ha una vita utile di 100 cicli di carica-scarica. Le batterie vanno sostituite con altre che abbiano le stesse dimensioni e prestazioni. Nel caso siano disponibili batterie con capacità superiore o dimensioni inferiori a parità di capacità, la sostituzione può essere effettuata solo a seguito di autorizzazione scritta del costruttore mediante integrazione del presente manuale.

ELASTICI TENUTA PROTEZIONE ELETTRONICA

Gli elastici vanno sostituiti ogni 10 ore di volo solo con ricambi forniti dal costruttore.

ELICHE

Le eliche vanno sostituite qualora presentino danni o rotture da ridurre l'efficienza e comunque ogni 20 ore di volo. La sostituzione può essere effettuata solo dal pilota, dall'operatore o da personale autorizzato dal costruttore.

MOTORI

I motori vanno verificati ogni 10 ore di funzionamento e devono essere sostituiti dopo 100 ore. Occorre prestare attenzione ad un eventuale aumento di gioco dei cuscinetti. Nel caso si noti un aumento di vibrazioni, del consumo elettrico o della rumorosità è indispensabile fermare il velivolo ed effettuare un'immediata verifica.

SICUREZZA DEL VOLO

Il volo non è, come del resto tutte le attività umane, esente da rischi. Il volo dei droni non fa eccezione. Il rischio è elemento ineliminabile delle attività che compiamo normalmente: guidare l'automobile, scendere le scale, anche camminare, non ne sono esenti. Non per questo evitiamo di guidare l'automobile, scendere le scale, camminare. Se i rischi sono bilanciati da difese opportune, tutte le attività possono essere svolte con un sufficiente livello di sicurezza.

In questa sezione si parla di rischi e di adeguatezza delle contromisure, focalizzando sul fattore "uomo", al quale nell'aviazione commerciale è ascrivibile oltre il 50% degli incidenti.

Nell'attività di pilotaggio nei cieli si evidenziano limitazioni fisiologiche e psicologiche che si riflettono sulle prestazioni. Il pilota di SAPR è fortunatamente non affetto dai problemi dovuti al minor contenuto di ossigeno in quota, alle accelerazioni causate dalle manovre, alle errate percezioni dei sensi in particolari condizioni. La normativa ENAC prevede comunque che il suo stato di salute sia attestato dalla stessa visita medica prevista per i piloti privati. Inoltre quando pilota deve essere in buone condizioni fisiche e non sotto l'influenza di farmaci debilitanti.

Fattori psicologici intervengono a condizionare le prestazioni. La tensione derivante da una situazione critica può degradare il normale processo decisionale e l'istinto o il carattere può far prendere scelte avventate. Cause quali: la pressione per l'effettuazione di un volo, o altri condizionamenti, possono esercitare un'influenza pericolosa. Il pilota deve saperli riconoscere e compensare.

Ritornando al corretto bilanciamento di rischi e contromisure, se la missione è semplice, ad esempio: un volo in un'area regolamentata o segregata, anche un pilota di competenza non eccelsa assicura un livello sufficiente. Se la missione è critica il mezzo e il pilota ne devono essere all'altezza.

È il pilota che deve essere soddisfatto che le difese siano adeguate ai rischi della missione. È lui che decide se è sicuro intraprenderla, ed è poi responsabile di condurla. È per questa responsabilità che è chiamato: "Comandante". E il pilota di droni deve sentirsi "Comandante" del suo mezzo.

I CAPITOLO - Analisi dei rischi

Un volo è un succedersi di eventi, ognuno dei quali è connesso agli altri come gli anelli di una catena.

Ben raramente, è stato rilevato, l'incidente è dovuto a una sola causa o a un singolo errore, ma è quasi sempre la conclusione di una sequenza di eventi negativi. La sequenza può essere facilmente fermata all'inizio; una volta avviata, diviene sempre più difficile interromperla. Si è notato che l'innescò della sequenza è dovuto ad un anello debole che sovraccarica gli altri in cascata o ne rende critica l'inadeguatezza. Ad esempio: in un incidente dovuto a tempo cattivo, il primo anello debole potrebbe essere l'analisi superficiale delle condizioni meteo, il secondo un peggioramento imprevisto del tempo, il terzo l'impreparazione del pilota ad affrontare condizioni marginali, e così via. Il peggioramento del tempo (2° anello) arriva imprevisto a causa della pianificazione superficiale (1° anello), il tempo cattivo rende critica la scarsa competenza del pilota (3°), altrimenti ininfluyente; e così via.

Non c'è una missione in cui non sia presente un certo rischio, pur minimo. In realtà, il rischio è presente in tutte le attività umane, anche le più banali e quotidiane, dall'attraversare la strada a viaggiare in auto. Rischio e sicurezza possono coesistere, se sono state previste opportune difese.

Per l'analisi dei rischi è comunemente accettato il metodo detto delle "4 M", perché analizza quattro macro-aree, che sono: Man (il Pilota), Machine (la macchina), Medium (l'ambiente esterno), Mission (la missione da compiere). Ogni macro area contiene diversi sottosistemi da valutare (gli anelli della catena). Gli anelli più importanti sono:

> **Man:** carattere, stato emotivo e condizioni fisiche, competenza

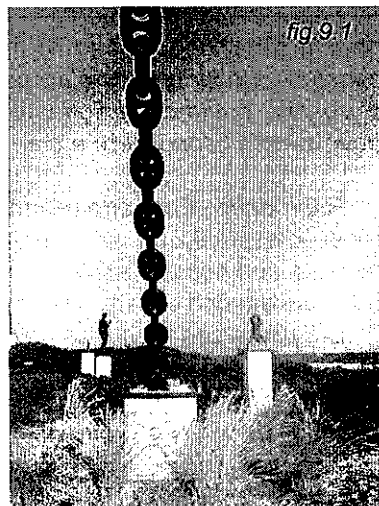
> **Machine:** adeguatezza alla missione, efficienza, prestazioni, autonomia

> **Medium:** condizioni meteorologiche, infrastrutture di supporto

> **Mission:** difficoltà, importanza, fascino, rischi connessi

Le difese in ogni macro-area dovranno risultare sufficienti rispetto ai rischi della missione, con un margine per gli imprevisti. È il pilota a dover decidere il livello accettabile di rischio e valutare se sia opportunamente bilanciato.

La **figura 9.1** simboleggia la catena degli eventi. Evidenza anche che la robustezza delle difese contro i rischi è data dall'anello più debole.



ERRORI NEL PROCESSO DECISIONALE

Per svolgere un qualsiasi compito, si compie una serie di attività: il riconoscimento e la valutazione della situazione in funzione dell'obiettivo, la scelta tra le possibili azioni per raggiungere l'obiettivo, l'esecuzione della decisione presa. Si rileverà poi la nuova situazione, modificata a seguito dell'azione e così via. Con l'aumentare della competenza

i vari passi sono eseguiti in modo così automatico da non essere neppure più rilevati a livello conscio.

VALUTAZIONE DELLA SITUAZIONE - ATTENZIONE VOLONTARIA E INVOLONTARIA

Gli errori s'insinuano in tutte le fasi del processo decisionale, a iniziare dalla percezione e dal riconoscimento. L'errore di "**guardare senza vedere**" è frequente e capita in molti campi. Il corretto riconoscimento della situazione è la base della decisione del piano di azione.

Per selezionare gli stimoli provenienti dall'esterno: rumori, voci, luci, movimenti la mente dispone di **due filtri**. L'orientamento lascia filtrare solo gli stimoli più importanti in funzione dell'obiettivo. Ad esempio se aspettiamo una telefonata, udiamo lo squillo che non è avvertito dalle altre persone, e così via. L'attenzione, il filtro successivo, sceglie gli stimoli più funzionali all'obiettivo. Nonostante i filtri, disturbi esterni arrivano comunque causando perdita di concentrazione. Un'altra fonte di errori deriva dai due modi di funzionare dell'attenzione: **volontaria** o concentrata e **involontaria o diffusa**. L'attenzione diffusa riesce a coprire più elementi contemporaneamente ma a un basso livello di coscienza. Per richiamare l'attenzione volontaria su situazioni che richiedono un'azione immediata, ad esempio: autonomia minima, ci sono avvisatori che utilizzano luci, suoni o altri mezzi.

L'attenzione volontaria dà il massimo livello di consapevolezza ma può essere diretta su un solo elemento per volta: per controllare tutti gli elementi necessari, l'attenzione deve essere ruotata in modo sistematico dall'uno all'altro.

I falsari della mente

Nella scelta del piano di azione condizionamenti negativi sono esercitati da tratti del carattere del pilota. È stato imposto a questi tratti, che sono presenti in varia misura in ogni persona, il nome di "falsari della mente" perché tendono a falsare il giudizio di una situazione e a far assumere scelte pericolose. Questi tratti sono presenti, in varia misura, in ognuno. Il pilota deve riconoscere quelli presenti nel proprio carattere, e saperli compensare. Sono stati categorizzati in tipi; sono descritti quelli più comuni.

➤ **L'Anti-autorità.** È un atteggiamento molto diffuso, e consiste nel rifiuto acritico non solo degli ordini, ma anche dei suggerimenti. Rivela una componente d'immaturità. Porta a scartare informazioni e scelte valide e a prendere, per reazione, decisioni che possono essere avventate.

➤ **L'Impulsivo.** L'impulso di agire, senza considerarne le conseguenze e altre possibilità, è irresistibile.

➤ **L'Invulnerabile.** È l'atteggiamento di chi, pur vedendo gli incidenti che capitano agli altri, è convinto che non ne sarà mai coinvolto. Come conseguenza tende a prendere più rischi del necessario.

➤ **Il Macho.** Questa persona accetta rischi eccessivi per dimostrare di essere migliore di quanto gli altri (o lui stesso) credano. Alla base ci sono l'insicurezza e il dubbio di non essere all'altezza, ai quali reagisce con un comportamento esagerato. Anche se considerato maschile, questo tratto si ritrova anche nel sesso femminile.

➤ **Il Rassegnato.** Ritenendo di non poter influire sugli avvenimenti non fa nulla per cambiarli. Lascia l'iniziativa agli altri e, al contrario dell'anti-autoritario, tende ad accettare acriticamente ordini e suggerimenti.

Comportamenti automatici e non automatici

Nell'esecuzione di un'attività si riconoscono due tipi di comportamenti: automatici e non automatici.

I primi sono caratterizzati da tempi d'elaborazione brevissimi e da basso costo energetico, ma avvengono con un grado di consapevolezza molto basso e pertanto eventuali errori hanno maggiori probabilità di passare inosservati. Ne sono esempi: camminare, andare in bicicletta, e molti altri. Gli arti si muovono e l'equilibrio del corpo è mantenuto senza che gli ordini dal cervello abbiano un livello di coscienza elevato, la mente rimane libera per altri compiti. Talora questi comportamenti non sono neppure registrati. A tutti, probabilmente, è capitato di non essere sicuri di aver fatto un'azione tanto abituatoria da non rimanere in memoria: chiudere una porta, prendere un oggetto, eccetera.

I comportamenti non automatici sono più lenti, il processo mentale è più lungo e dispendioso, ma la persona è ben conscia di cosa sta facendo. Sono indispensabili per affrontare situazioni nuove, per le quali occorrono analisi e valutazioni specifiche; non esistendo una procedura. Al contrario i comportamenti automatici si prestano a gestire con sforzo minimo situazioni ben note.

Nell'addestramento al pilotaggio vengono appresi una serie di comportamenti automatici, in modo che la mente rimanga libera per gestire le situazioni che richiedono comportamenti non automatici.

In un tempo abbastanza breve le risposte dell'apparato muscolare alle manovre basiche divengono automatiche: i muscoli e la mente hanno acquisito i movimenti e il coordinamento necessari. Vengono poi automatizzati alcuni comportamenti. Ad esempio: livellare, impostare una virata, correggere un angolo di banco, azioni che all'inizio richiedono l'attenzione conscia, ben presto sono eseguite in modo automatico.

Difesa dagli errori

Uno degli aiuti più efficaci sono le "check list". Usate regolarmente dai piloti professionisti, consentono di non omettere nessuna operazione. La decisione di usarle dev'essere convinta, per evitare di leggerle meccanicamente.

Comportamenti ripetuti e automatizzati inducono una sorta di compiacenza. Per difendersene occorre una accurata pianificazione del volo e il controllo incrociato delle informazioni. Per raffigurare correttamente una situazione, è bene confrontare informazioni provenienti da fonti diverse: la posizione, letta sul navigatore, dovrebbe essere consistente con la rotta mantenuta ed il tempo trascorso e accertata col riconoscimento di un punto significativo al suolo.

Pianificando un volo, anche semplice, è bene prefigurare l'alternativa da attivare qualora si verificassero eventi non previsti: un vento troppo forte, un guasto, l'autonomia divenuta troppo breve. Si prevederà l'interruzione del volo e il rientro anticipato alla base, un sito di riserva per atterrare, o un'altra soluzione.

In fase di pianificazione è bene esaminare una gamma di soluzioni la più vasta possibile. In esecuzione la scelta diviene tanto più facile quanto minore è il numero di opzioni. È opportuno fissare in anticipo i parametri per la scelta, così da farla divenire quasi automatica. A mo' d'esempio: si stabilirà di rientrare qualora l'autonomia dovesse scendere sotto xx minuti, o se il vento dovesse superare yy km/h, eccetera.

II CAPITOLO - Fisiologia

Per conseguire l'Attestato di pilota di droni occorre la certificazione medica di 2° classe, la stessa prevista per la licenza di pilotaggio PPL, oppure quella LAPL prevista per gli aerei leggeri. Per la Licenza di pilota di droni occorre il certificato medico di 3° classe.

Questo capitolo descrive i sensi fondamentali e i fattori: farmaci, fatica, tensione, che riducono l'efficienza.

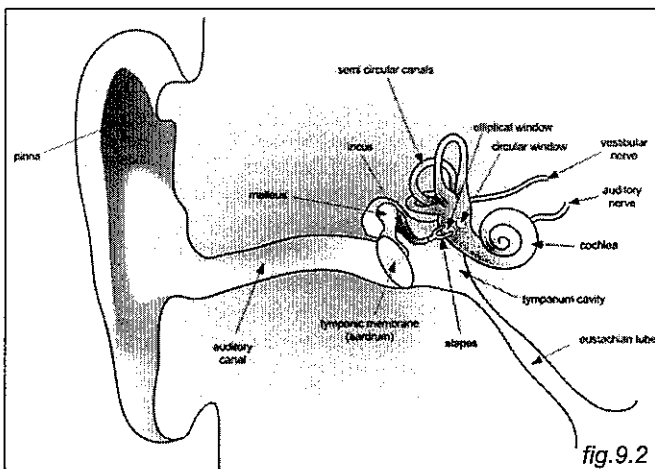
ORECCHIO - UDITO E SENSO DELL'EQUILIBRIO

Nell'orecchio sono riunite due funzioni: l'**udito** e il **senso dell'equilibrio**. I rumori, i suoni, la voce, la musica sono perturbazioni che si propagano con onde di pressione, aventi varie caratteristiche e frequenze. Il padiglione, la parte esterna e più visibile, raccoglie le vibrazioni dell'aria e le convoglia attraverso il canale auricolare verso il timpano. Questo entra in vibrazione in sintonia con le onde; le vibrazioni sono trasmesse da tre ossicini (martello, incudine e staffa) alla coclea che le converte in segnali elettrici che arrivano alla corteccia cerebrale lungo il nervo acustico. L'udito umano è sensibile alle frequenze comprese tra 20 e 20.000 Hz. Frequenze superiori: "ultrasuoni", sono percepite da vari animali, ad esempio dai cani; frequenze inferiori prendono il nome di "infrasuoni".

L'**organo statico** consente di avvertire le **accelerazioni lineari**; contiene piccoli agglomerati di carbonato di calcio: gli otoliti, che, immersi in uno strato gelatinoso, possono spostarsi se soggetti ad accelerazioni. Si comportano come la massa mobile degli accelerometri, e i loro spostamenti, convertiti in segnali elettrici, sono inviati al nervo vestibolare.

I tre **canali semicircolari** sono disposti ortogonalmente l'uno all'altro, in modo da avvertire le **accelerazioni angolari** nei tre piani. Contengono un liquido che si muove a ogni spostamento della testa, e peduncoli immersi nel liquido: le cilia, che traducono le rotazioni in impulsi e li inviano al cervello.

La **figura 9.2** mostra l'anatomia dell'orecchio e in essa si possono distinguere: l'orecchio esterno che comprende il padiglione e il canale auricolare, l'orecchio medio e quello interno. Nell'orecchio medio si nota la membrana del timpano, gli ossicini: martello, incudine e staffa, e, in basso, la Tromba di Eustachio, il condotto che mette in comunicazione l'orecchio medio con la faringe, permettendo di equilibrare la pressione sui due lati del timpano. Nell'orecchio interno si trovano la coclea e l'organo dell'equilibrio o organo vestibolare. Questo comprende l'organo statico e i canali semicircolari; il primo fornisce le sensazioni di accelerazione lineare, i secondi le sensazioni di accelerazioni angolari.



OCCHIO E VISTA

L'occhio, o globo oculare, è il meraviglioso organo della visione. I raggi luminosi che partono da un oggetto illuminato colpiscono la retina, dove le impressioni luminose sono trasformate in segnali elettrici che, inviati al cervello tramite il nervo ottico, creano la raffigurazione dell'oggetto stesso, come avviene in una macchina fotografica. I raggi luminosi dopo aver attraversato la cornea, che provvede alla messa a fuoco iniziale, e la pupilla ("Iris"), che provvede a variare la quantità di luce immessa, incontrano il cristallino ("Lens"), una lente biconvessa a curvatura variabile, che esegue la messa a fuoco finale degli oggetti. I raggi infine colpiscono lo strato fotosensibile nervoso: la retina, formando un'immagine capovolta che è raddrizzata dal cervello. Gli stimoli luminosi causano variazioni chimiche dalle quali si originano segnali elettrici che tramite il nervo ottico arrivano al cervello. Oggetti situati a una distanza infinita (per "infinita" s'intende oltre 5 metri) formano l'immagine sulla retina; quelli più vicini la produrrebbero dietro alla retina se il cristallino non modificasse la propria curvatura.

La retina è costituita da due elementi sensibili: coni e bastoncelli. I primi sono più numerosi nella parte centrale: la macula, sono i percettori dei colori, funzionano con una buona illuminazione e danno la visione degli oggetti che si trovano direttamente davanti agli occhi. I bastoncelli si trovano nella parte più esterna della retina e consentono la "visione periferica", che permette di vedere gli oggetti entro un angolo di $\approx 180^\circ$. Non sono sensibili ai colori ma funzionano anche in condizioni di scarsa illuminazione; forniscono la maggior parte della visione notturna, ma richiedono un certo tempo di adattamento. Entrando in un **ambiente scarsamente illuminato** sono necessari alcuni secondi prima che si riesca a distinguere qualcosa; un **adattamento completo può richiedere da diversi minuti sino a mezz'ora**. L'adattamento inverso, dall'oscurità alla luce, avviene in periodo più breve: una decina di secondi solamente. Il punto centrale della retina, dove è collegato il nervo ottico, è detto: "punto cieco" perché non vi sono elementi sensibili. Di ciò occorre tenere conto: oggetti che si trovino direttamente di fronte possono non essere visti.

Le fibre ottiche dei due occhi arrivano ad ambedue i lati del cervello, e i movimenti degli occhi sono coniugati, sì da consentire la visione binoculare. Grazie alla sia pur lieve distanza che li separa, i due occhi inviano al cervello due immagini lievemente diverse, permettendo di ricavare la percezione di profondità del paesaggio o visione stereoscopica. La visione stereoscopica permane sino a distanze di ≈ 50 metri.

Nella figura 9.3 si vedono la cornea, i vasi sanguigni di irrorazione "retinal blood vessels", la retina, l'iride "iris", il cristallino "lens" e la "macula" la zona centrale della retina, la più sensibile agli stimoli luminosi.

Le pareti dell'occhio sono formate da tre membrane concentriche e sovrapposte. La più esterna è una tunica fibrosa: la sclera, quella intermedia è una tunica vascolare, la più interna è una tunica nervosa: la retina. Nella parte anteriore della sclera c'è la cornea, una sostanza dura e trasparente che consente il passaggio della luce, funziona

come una lente e compie la messa a fuoco iniziale. La quantità di luce immessa è regolata dall'iride, la parte esterna colorata dell'occhio; funziona come un diaframma, variando il diametro

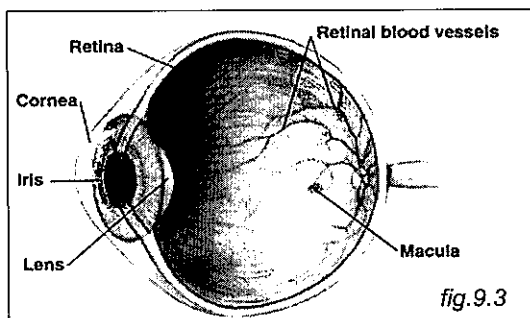


fig.9.3

della pupilla: quando l'intensità della luce è elevata si restringe, e viceversa. La pupilla si restringe anche guardando oggetti lontani e si allarga se sono vicini. Una ghiandola voluminosa, la ghiandola lacrimale, versa continuamente sulla parte anteriore dell'occhio un liquido trasparente e incolore col compito di favorire lo scorrimento e rimuovere la polvere. Un gruppo di muscoli all'interno dell'orbita orienta il globo oculare verso i differenti punti del campo visivo.

Acuità visiva e avvistamento altri aeromobili

L'acuità visiva è la capacità di vedere nitidamente oggetti situati nel campo della visione centrale; si misura in decimi: X/10. Ne provocano la riduzione l'ipossia, taluni medicinali, il fumo, alcune malattie. Uno dei requisiti per superare la visita medica è avere almeno 9/10, anche con lenti correttive.

Nel volo a vista è essenziale avvistare in tempo gli altri aeromobili. Studi sulle caratteristiche e sul funzionamento dell'occhio (la messa a fuoco, il punto cieco, ...), hanno fatto individuare le tecniche più efficaci per scandagliare lo spazio. La tecnica raccomandata è suddividere lo spazio da scandagliare in settori ampi 10°-15°. Lo sguardo si sposterà da sinistra a destra, soffermandosi in ogni settore almeno un paio di secondi.

Fattori e condizioni che riducono l'efficienza

EFFETTI DELL'ALCOL

Gli effetti prodotti dall'alcol sono la diminuzione delle capacità di giudizio, d'attenzione, di coordinazione, delle capacità mnemoniche, dei riflessi, dell'acuità visiva e della resistenza alla fatica.

L'alcol è un depressante del sistema nervoso centrale e diminuisce la capacità del cervello di utilizzare l'ossigeno.

Un'alcoemia (contenuto di alcol puro per litro di sangue) di 0,30 gr/l produce euforia ed eccessiva sicurezza, rallenta i riflessi e diminuisce la capacità d'adattamento all'oscurità. Un'alcoemia di 0,50 gr/l fa entrare nello stadio dell'incoordinazione motoria.

Tre bicchieri di vino possono portare un uomo a questo stadio; per una donna già due sono sufficienti. Oltre i 1,00 gr/l si ha ubriachezza, riconoscibile dall'instabilità nell'andatura, l'incapacità a parlare correttamente, lo stato confusionale.

L'intervallo minimo tra l'ingestione di bevande alcoliche e il pilotaggio dev'essere almeno 12 ore. Il tempo è necessario per consentire al fegato di trasformare l'alcol in sostanze assimilabili, come per ogni altro carboidrato. Un fegato sano può trasformarne ≈ 10 gr/h. Sintomi d'intossicazione permangono anche quando l'alcol è stato eliminato.

EFFETTI DEI FARMACI

L'uso di farmaci dev'essere valutato avvalendosi del consiglio medico: tutti i farmaci hanno controindicazioni e possono dar origine a problemi. Ogni farmaco ha effetti collaterali, l'assunzione contemporanea di farmaci diversi amplifica gli effetti singoli e può causarne altri inaspettati. Sono elencati gli effetti delle più comuni categorie.

➤ **Antistaminici**, quali utilizzati contro influenza, raffreddori, come antiallergici, ecc., possono causare sonnolenza, intorpidimento e capogiri. In farmaci recenti gli effetti collaterali sono molto minori.

- **Antispasmodici** possono produrre disturbi alla vista.
- **Antidiarreici** contengono oppiacei che possono causare nausea.
- **Anti-acidità di stomaco** possono causare disturbi alla vista perché contengono atropina.
- **Antidolorifici** possono causare diminuzione delle prestazioni fisiche e mentali.
- **Stimolanti e tranquillanti** possono causare sonnolenza, nausea, depressioni, disturbi alla vista, capogiri e stordimento. In questa categoria rientrano i decongestionanti delle mucose nasali e taluni dietetici.
- **Sonniferi, barbiturici e benzodiazepine** non devono essere assunti neanche in piccole dosi: tutti i sonniferi riducono le prestazioni fisiche e mentali.

Gli effetti collaterali di tutti i farmaci, in particolare quelli nelle due ultime categorie, sono amplificati qualora si siano bevuti alcolici.

Per l'eliminazione degli effetti di **anestesi locali**, quali ad esempio per interventi odontoiatrici, devono trascorrere almeno 12 ore, per anestesi totali almeno 48. Tempi molto più lunghi sono richiesti per la scomparsa dei postumi.

EFFETTO DELLA TENSIONE

Nei primi anni dell'aviazione la maggior parte degli incidenti era riconducibile a un'avaria oppure era dovuta all'incontro imprevisto con condizioni meteorologiche avverse. L'errore umano, in molti casi presente come fattore contributivo, era nascosto dalla causa principale, più apparente. Col migliorare della tecnica e delle strutture di supporto: manutenzione, controllo traffico, previsioni meteorologiche, eccetera, si rivelò un'inaspettata correlazione tra incidenti e fattori umani. Iniziarono studi sul comportamento della "macchina uomo", per scoprire se esistesse una relazione di causa-effetto. Si studiarono in particolare le reazioni in condizioni di tensione, come può aversi durante il volo o a causa di un'avaria. La tensione può essere causata dalla difficoltà del compito, dal sovrapporsi di stimoli che competono per l'attenzione, dalla criticità della situazione eccetera.

Il risultato può essere sintetizzato nella curva in **figura 9.4**, che rappresenta la **capacità di reazione dell'uomo alla tensione**. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, all'aumentare della tensione la capacità di risposta inizialmente migliora. Aumenta sino a un valore massimo, che dipende da individuo a individuo, per crollare poi bruscamente. La curva è simile a quella del coefficiente di portanza in funzione dell'incidenza. Approssimandosi e poi superando la "**tensione di stallo**", le capacità di memoria e razionali iniziano a ottenebrarsi, rendendo complesse anche le operazioni più semplici, sino ad arrivare alla totale incapacitazione. Il cervello è come paralizzato, non riesce a prendere le decisioni corrette e si blocca del tutto, oppure si fissa su una scelta da cui non riesce a staccarsi.

Ogni pilota ha la sua curva di tensione e il suo punto di "stallo". La curva si sposta a destra e il punto critico s'innalza a mano che crescono esperienza e preparazione, e con un'accurata pianificazione del volo.

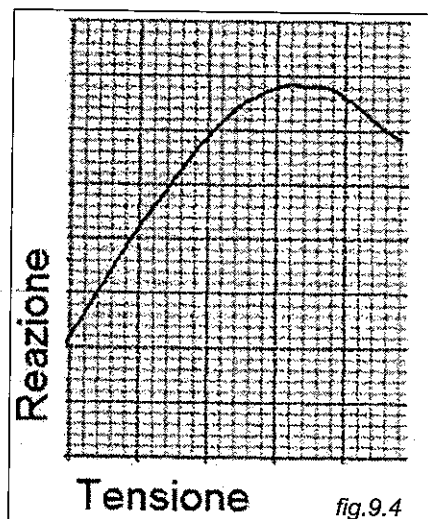


fig.9.4

Per quanto alto, grazie alla competenza acquisita, possa essere il punto critico non è all'infinito e in talune circostanze può rivelarsi insufficiente.

Il pilota, cosciente delle proprie capacità, deve operare con livelli di tensione sotto quello critico, sì da poter assorbire eventuali imprevisti. Pianificherà il volo con buoni margini, prevedendo anche un piano alternativo. Nel corso del volo, anticiperà mentalmente il drone (**"Stare davanti all'aereo"** è l'espressione aeronautica), preparandosi ai compiti successivi, in modo da ridurre i picchi di attività e la tensione conseguente.

BIORITMO CIRCADIANO

Molti processi fisiologici sono soggetti a fluttuazioni nel tempo che prendono il nome di bioritmi. Quello più noto ha come periodo il giorno, è il bioritmo giornaliero o circadiano. Durante il giorno si alternano circa 16 ore di veglia e 8 di sonno, e variano il ritmo cardiaco e respiratorio, la pressione sanguigna, la temperatura corporea, l'acutezza dei sensi e il livello di attività del cervello. Un periodo di sonno sufficiente e l'alternanza corretta tra veglia e sonno sono importanti ai fini dell'efficienza fisica e mentale. L'efficienza dell'organismo è disturbata anche dallo sfasamento tra l'orologio biologico e l'orario esterno, provocato dal "jet lag".

AFFATICAMENTO

L'affaticamento, come la tensione, riduce l'efficienza. Le cause più frequenti sono: la mancanza di sonno, l'ansietà derivante dal lavoro, da problemi di vario tipo, le condizioni fisico e/o mentale non ottimali, eccetera. Gli effetti sono: senso di stanchezza, mal di testa, irritabilità, diminuzione dell'acuità visiva e della memoria, difficoltà di concentrazione e più lunghi tempi di reazione, propensione a commettere errori, scadimento della tecnica di pilotaggio.

“... ch  non fa scienza, senza lo ritenere, avere inteso.”

Dante - Paradiso Canto V.

A conclusione del libro e per verificare se quanto esposto   stato assimilato, per ogni materia sono proposti alcuni quiz, che coprono i pi  importanti punti trattati. Non esiste – ancora – una banca dati ufficiale di quiz per i corsi teorici sui SAPR. Pertanto, per quanto concerne le materie comuni all'attestato VDS, i quiz provengono dalla banca dati dell'AeCI utilizzata per gli esami teorici, per gli argomenti specifici ai SAPR invece, i quiz sono stati elaborati da istruttori.

I quiz sono suddivisi per materia. Ogni gruppo di domande   riferito alla sezione in cui sono stati trattati gli argomenti.

Le risposte esatte ai quiz si trovano nella tabella alla fine.

Il punteggio minimo da raggiungere   il 75% di risposte esatte.

Buon divertimento!

1. NORMATIVA SAPR E ENTI AERONAUTICI

1.1 Qual è la differenza tra SAPR e aeromodelli?

- A) Gli aeromodelli non possono fare operazioni critiche e superare i 25 kg di peso
- B) Gli aeromodelli non possono fare operazioni specializzate e possono essere utilizzati solo per fini ricreativi e sportivi
- C) Gli aeromodelli possono volare esclusivamente in aree istituite da ENAC e riservate ad attività aeromodelistiche

1.2 Qual è la differenza tra operazioni specializzate e uso ricreativo?

- A) L'uso ricreativo si riferisce ad attività in cui non si prevede compenso
- B) Le operazioni specializzate sono quelle che prevedono l'effettuazione di un servizio con un SAPR a titolo oneroso o meno
- C) Le operazioni specializzate sono fatte con SAPR, l'uso ricreativo con aeromodelli

1.3 Un pilota SAPR ha acquistato un quadricottero assemblato da un negoziante già pronto al volo. Può iniziare subito un'attività specializzata?

- A) Deve completare l'attività preliminare sperimentale e fare poi la dichiarazione di attività
- B) Si se fa parte di una organizzazione riconosciuta
- C) Si se qualcun altro ha già fatto l'attività preliminare sperimentale

1.4 Un pilota non ha volato da oltre tre mesi. Può fare attività specializzata?

- A) Deve prima fare almeno tre decolli e tre atterraggi con il SAPR senza fare attività specializzata
- B) Deve prima fare almeno tre decolli e tre atterraggi con il SAPR con il controllo di un altro pilota
- C) Deve prima fare una ripresa con una organizzazione di addestramento

1.5 Chi tra i seguenti è da ritenere l'Operatore del SAPR secondo la definizione ENAC:

- A) Il pilota che gestisce il volo del SAPR
- B) Sia il pilota sia l'operatore della videocamera
- C) L'amministratore dell'azienda o la persona fisica a cui è intestato il SAPR

1.6 Una azienda vuol fare una rilevazione fotografica con APR sotto i 25 kg e l'attività non è critica. Deve essere autorizzata come Operatore SAPR o è sufficiente la dichiarazione?

- A) È sufficiente la dichiarazione ammesso che l'attività sperimentale sia stata completata
- B) È sufficiente la dichiarazione
- C) Deve rivolgersi ad un Operatore specializzato

1.7 Un'operatore, che ha già fatto attività sperimentale, ha presentato la dichiarazione per un'attività non è critica. Dopo 30 giorni la dichiarazione non è ancora comparsa. In base alla legge 14 maggio 2005 n. 80 sul "silenzio-assenso" esegue l'attività. Si è comportato secondo normativa? Che cosa rischia nel caso contrario?

- A) L'attività non rientra nelle previsioni della legge 14/5/2005
- B) L'attività non rientra nelle previsioni della legge 14/5/2005 ma non è prevista sanzione
- C) È perfettamente a posto
- D) Questo caso non è ancora coperto dalla normativa

1.8 Un'operazione critica in vicinanza di un aeroporto è autorizzata. L'APR sfugge ai comandi, entra nella zona aeroportuale e impatta al suolo distruggendosi, ma senza danni a terzi.

- A) L'operatore, il pilota e il costruttore comunicheranno l'incidente ad ENAC e all'Autorità Aeronautica circoscrizionale
- B) L'operatore ed il costruttore faranno un'indagine tecnica per scoprire le cause dell'avaria
- C) Il pilota informerà il personale di Torre aeroportuale; poiché non ci sono stati danni a terzi non è necessario informare l'assicurazione

1.9 In un'operazione non critica lo APR, per errore di manovra, impatta al suolo con danni a cose e persone fuori dall'area di operazioni. A chi risale la responsabilità?

- A) Al pilota
- B) Responsabilità civile al pilota e all'operatore, penale al pilota
- C) Il caso va analizzato

1.10 In un'operazione non critica lo APR, per errore di manovra, impatta al suolo con danni ad una persona entrata nell'area di operazioni. A chi risale la responsabilità?

- A) C'è concorso di colpa tra il pilota e la persona
- B) C'è concorso di colpa tra pilota e osservatore e la persona
- C) Il caso va analizzato

1.11 In un'operazione non critica lo APR che volava nello spazio V70 urta un ultraleggero e cade al suolo distruggendosi. L'ultraleggero riporta danni minimi e nessuno al pilota. A chi risale la responsabilità?

- A) Al pilota dell'APR
- B) Al pilota dell'ultraleggero
- C) C'è concorso di colpa tra i due Piloti
- D) Il caso va analizzato

1.12 Secondo la versione 2 del Regolamento, per effettuare operazioni non critiche in VLOS con un SAPR con massa inferiore a 2 kg occorre:

- A) Autorizzazione ENAC, pilota con Attestato APR
- B) Dichiarazione ad ENAC, pilota con Attestato APR
- C) Dichiarazione ad ENAC, pilota con Attestato VDS convertito o con licenza PPL
- D) Autorizzazione ENAC

1.13 Secondo la versione 2 del Regolamento, per effettuare operazioni non critiche in VLOS con un SAPR con massa inferiore a 0,3 kg occorre:

- A) Pilota con Attestato APR

- B) Dichiarazione ad ENAC, pilota con Attestato APR
- C) Dichiarazione ad ENAC
- D) Nulla

1.14 Quale è la sanzione per il Pilota di SAPR con MTOM inferiore ai 25 Kg che in operazione specializzata non critica, sorvoli assembramenti di persone?

- A) Violazione dell'Art. 1228 C.d.N. "Sorvolo di centri abitati ..." che comporta arresto fino a sei mesi e ammenda fino a €516,00 con possibilità di sospensione del titolo sino ad 1 anno
- B) Violazione dell'Art. 1228 C.d.N. che comporta ammenda fino a €516,00 con possibilità di sospensione del titolo sino a 3 mesi
- C) Violazione dell'Art. 1228 C.d.N. che comporta ammenda fino a €516,00
- D) Ammonizione ENAC se è l'unica infrazione in un periodo di 12 mesi

1.15 Qual è la sanzione per il Pilota di SAPR con MTOM <25 Kg che in operazione specializzata non critica non rispetti il VLOS o una limitazione dall'autorizzazione ENAC?

- A) Violazione Art. 1231 C.d.N. Ammonizione ENAC e audit sulla conduzione delle operazioni.
- B) Violazione Art. 1231 C.d.N. "Inosservanza di norme sulla sicurezza della navigazione" che comporta ammenda fino a €206,00
- C) Violazione Art. 1231 C.d.N. Ammenda fino a €206,00 con possibilità di sospensione del titolo sino a 3 mesi.
- D) Violazione Art. 1231 C.d.N. Arresto fino a tre mesi ovvero ammenda fino a €206,00 con possibilità di sospensione del titolo da 3 mesi ad 1 anno.

2. AERODINAMICA

2.1 La velocità delle particelle d'aria su di un'ala in volo è:

- A) Minore sul dorso che sul ventre
- B) Maggiore sul dorso che sul ventre
- C) La stessa da entrambe le parti

2.2 Quale coppia di pressioni dell'aria si determina sul profilo di un'ala in volo.

- A) Una pressione bassa sul dorso, più alta sul ventre
- B) Una diminuzione di pressione sia sul dorso che sul ventre
- C) Una diminuzione di pressione sul ventre e un aumento sul dorso

2.3 La risultante aerodinamica si scompone in portanza e la resistenza. Sono dirette:

- A) La portanza perpendicolarmente alla corda alare e la resistenza parallelamente alla corda alare
- B) La portanza perpendicolarmente alla direzione del vento relativo, la resistenza parallelamente al vento relativo

C) La portanza perpendicolarmente al piano di simmetria dell'ala, la resistenza secondo la direzione del vento relativo

2.4 Il profilo alare rappresentato appartiene alla categoria dei

- A) piano/convessi
- B) concavi/convessi
- C) biconvessi asimmetrici
- D) biconvessi, simmetrici



2.5 La corda alare è:

- A) La distanza tra bordo d'attacco e bordo d'uscita
- B) La distanza tra le estremità alari.
- C) Il segmento che congiunge bordo d'attacco e bordo d'uscita

2.6 L'angolo d'incidenza, fondamentale in tutti i fenomeni del volo, è l'angolo compreso:

- A) tra il piano alare e l'orizzonte artificiale
- B) tra la corda del profilo considerato e la direzione del vento relativo
- C) tra la direzione del vento relativo ed il bordo di uscita del profilo

2.7 Il centro di pressione di un profilo si definisce come il punto:

- A) di applicazione della forza peso
- B) di applicazione della forza aerodinamica
- C) rispetto al quale la risultante delle forze aerodinamiche è costante al variare dell'incidenza

2.8 Il baricentro, o centro di gravità, è il punto:

- A) di applicazione della portanza sulla corda del profilo
- B) di applicazione della forza risultante di tutte le forze peso
- C) rispetto al quale la risultante delle forze aerodinamiche è costante al variare dell'incidenza

2.9 I fattori da cui dipende la portanza sono:

- A) l'angolo di incidenza; la velocità relativa
- B) la densità dell'aria
- C) la forma del profilo; la superficie alare
- D) tutti i fattori sopra elencati

2.10 I fattori da cui dipende la resistenza sono:

- A) la velocità del vento relativo
- B) la densità dell'aria
- C) la superficie alare, la forma del profilo, l'attrito, i vortici marginali
- D) tutti i fattori sopra elencati

2.11 La relazione tra trazione e resistenza in volo rettilineo orizzontale a velocità costante è:

- A) la trazione è più grande della resistenza
- B) la trazione è più piccola della resistenza
- C) trazione e resistenza sono uguali

2.12 La resistenza indotta è originata:

- A) dall'attrito dell'aria sulla superficie più o meno ruvida dell'ala
- B) dallo spessore più o meno rilevante del profilo
- C) dalla presenza dei vortici marginali di estremità alare

2.13 Come si definisce lo stallo? È...

- A) il fenomeno aerodinamico per cui l'ala perde portanza per il distacco dei filetti fluidi dal dorso
- B) la situazione in cui la portanza è caduta a valori trascurabili
- C) la condizione di volo in cui l'ala fornisce il massimo possibile della portanza

2.14 Lo stallo di un'ala è un fenomeno la cui apparizione dipende essenzialmente da:

- A) un certo valore critico di velocità
- B) un certo valore dell'angolo d'incidenza
- C) un'improvvisa diminuzione di resistenza

2.15 L'estensione dei flap ha influenza sulla velocità di stallo?

- A) Sì ne diminuisce il valore
- B) Sì ne aumenta il valore
- C) Non ha influenza

2.16 L'efficienza di un'ala è:

- A) il rapporto tra velocità e portanza
- B) il rapporto tra portanza e resistenza.
- C) il valore massimo dell'angolo d'incidenza che garantisce ancora una certa portanza

2.17 Come si deve volare per percorrere in volo planato, in aria calma, la maggior distanza?

- A) alla velocità minima
- B) alla velocità di massima efficienza
- C) alla velocità di discesa minima

2.18 In volo rettilineo orizzontale uniforme (VRO) il fattore di carico è:

- A) 0
- B) 1
- C) 2

2.19 Rispetto al volo rettilineo orizzontale uniforme, quale manovra aumenta il fattore di carico?

- A) la salita
- B) la virata
- C) lo stallo

2.20 Durante la richiamata il fattore di carico:

- A) È sempre positivo
- B) Aumenta all'aumentare della velocità e al diminuire del raggio di richiamata
- C) Entrambe le affermazioni sono corrette

2.21 Volando in aria turbolenta, a parità di altre condizioni, il fattore di carico:

- A) Aumenta all'aumentare della velocità di volo.
- B) Aumenta all'aumentare della velocità delle raffiche.
- C) Entrambe le affermazioni sono corrette.

2.22 Durante una virata a quota costante di un aeromobile pesante 1.000 kg con angolo di banco di 60°, il fattore di carico e le sollecitazioni sulle strutture sono rispettivamente:

- A) 1,0 e 1.000 kg
- B) 1,41 e 1.410 kg
- C) 2,0 e 2.000 kg

2.23 Durante la salita la trazione deve equilibrare:

- A) la resistenza e la componente del peso lungo la traiettoria
- B) la portanza
- C) il peso apparente

2.24 Un corpo è in equilibrio stabile quando tende a...

- A) allontanarsi dalla posizione iniziale qualora ne sia stato spostato da una causa esterna
- B) mantenere la nuova posizione assunta quando sia stato allontanato da quella iniziale
- C) riassumere la posizione iniziale quando ne sia allontanato da una causa esterna

2.25 Un corpo è in equilibrio instabile quando tende a...

- A) allontanarsi dalla posizione iniziale dopo esser stato allontanato da una causa esterna
- B) mantenere la nuova posizione assunta dopo esser stato allontanato da quella iniziale
- C) riassumere la posizione iniziale dopo esser stato allontanato da una causa esterna

2.26 Perché le pale di un'elica sono svergolate?

- A) Lo svergolamento aumenta la resistenza a flessione della pala
- B) La diminuzione dell'angolo di calettamento fa lavorare tutte le sezioni alla stessa incidenza
- C) Lo svergolamento aumenta la resistenza a torsione e a flessione della pala

2.27 Che cosa è l'effetto coppia?

- A) La tendenza a far ruotare in senso opposto il supporto su cui è montata l'elica in rotazione
- B) La coppia resistente che deve essere bilanciata da quella motrice del motore
- C) Il rallentamento della velocità rispetto a quella teorica del motore dovuto alla coppia resistente

2.28 L'effetto giroscopico nei quadricotteri

- A) È compensato dato che ruotano a due a due in senso contrario
- B) Non esiste perché i rotori sono sempre nel piano orizzontale
- C) È compensato perché per abbassare un rotore se ne diminuiscono i giri

2.29 Aumentando l'angolo di calettamento delle pale dell'elica (o montando un'elica con passo maggiore) a parità di giri...

- A) L'effetto coppia diminuisce grazie alla maggiore spinta
- B) La spinta aumenta e la resistenza rimane costante migliora l'efficienza
- C) La spinta aumenta e la resistenza aumenta.

2.30 In un quadricottero in volo stazionario la spinta dei rotori è: ...

- A) Eguale al peso e ogni rotore ne supporta un quarto
- B) Eguale al peso
- C) Maggiore del peso per sostenere l'APR in aria

2.31 In un quadricottero in volo traslato la spinta dei rotori è: ...

- A) Eguale a quella in volo stazionario
- B) Minore di quella in volo stazionario grazie alla portanza dovuta al moto di traslazione perché i rotori funzionano come ali rotanti
- C) Maggiore di quella in volo stazionario

2.32 L'autonomia di un multicottero in una giornata fredda è ...

- A) inferiore a quella in una giornata calda, a causa del minor rendimento della batteria
- B) superiore a quella in una giornata calda perché la densità dell'aria è maggiore
- C) uguale a quella in una giornata calda

3. NOZIONI GENERALI SAPR

3.1 Quale è la caratteristica fondamentale dell'ago della bussola magnetica?

- A) di dirigersi costantemente verso il Nord geografico
- B) di dirigersi verso il Nord nell'emisfero Nord, e verso il Sud nell'emisfero Sud
- C) di dirigersi costantemente verso il Nord magnetico

3.2 L'orizzonte artificiale indica:

- A) l'assetto longitudinale del velivolo e l'inclinazione laterale delle ali
- B) la velocità angolare di virata
- C) la direzione del volo

3.3 Lo sbandometro indica:

- A) se il velivolo sta accelerando o decelerando
- B) se il velivolo sta cambiando direzione
- C) se il velivolo procede con l'asse longitudinale parallelo al flusso d'aria

3.4 Quale è la funzione principale dell'altimetro?

- A) di misurare la distanza verticale del velivolo da una superficie di pressione scelta dal pilota
- B) di misurare la quota geometrica del velivolo rispetto al mare
- C) di misurare direttamente il rateo di salita o di discesa del velivolo

3.5 L'altitudine è definita come:

- A) la distanza verticale di un qualsiasi oggetto dalla superficie del suolo
- B) la distanza verticale di un qualsiasi oggetto riferita al livello medio del mare
- C) la distanza verticale di un qualsiasi oggetto riferita all'isobara 1013.2

3.6 L'altezza è definita come:

- A) la distanza verticale di un oggetto riferita al livello medio del mare
- B) la distanza verticale di un oggetto riferita all'isobara 1013.2
- C) la distanza verticale di un oggetto riferita al piano passante per il punto più alto dell'orografia sottostante

3.7 L'impianto d'accensione delle candele differisce da quello dell'automobile perché

- A) l'accensione delle candele è ad incandescenza
- B) l'accensione delle candele dipende direttamente dalla batteria di bordo
- C) l'accensione delle candele è ottenuta mediante due magneti separati che lavorano in modo autonomo ed indipendente.

3.8 Il numero di ottano di un carburante indica:

- A) il potere antidetonante del carburante
- B) il grado di volatilità del carburante
- C) il potere calorifico del carburante

3.9 Il titolo della miscela di un motore viene definito come:

- A) il rapporto in peso aria/carburante
- B) il rapporto in volume carburante/aria
- C) il rapporto in volume aria/carburante

3.10 Nei motori alternativi aspirati salendo di quota, la potenza:

- A) aumenta a causa della diminuzione della contropressione esterna
- B) diminuisce causa la diminuzione del rendimento volumetrico, per la minore densità dell'aria
- C) aumenta a causa del maggior rendimento volumetrico, diminuendo la temperatura esterna

3.11 La potenza ottenibile da un motore alternativo in una giornata fredda è ...

- A) maggiore di quella ottenibile in una giornata calda, grazie al maggior rendimento volumetrico
- B) inferiore a quella ottenibile in una giornata calda, a causa del minor rendimento volumetrico
- C) uguale a quella ottenibile in una giornata calda, perché dipende solo dal numero di giri del motore

3.12 Un'elica si dice funzionante a punto fisso quando:

- A) la velocità di avanzamento ed i giri raggiungono entrambi il valore massimo
- B) la velocità di avanzamento è nulla e la potenza applicata è massima
- C) la velocità di avanzamento ed i giri raggiungono entrambi il valore minimo

3.13 Durante un'affondata con un aereo con elica a passo fisso si osserva che, aumentando la velocità dell'aereo, a manetta costante per la velocità di crociera, i giri del motore:

- A) diminuiscono inizialmente fino a stabilizzarsi a valori più bassi di quelli iniziali, mentre il motore comincia a girare ruvido ed a manifestare una tendenza ad arrestarsi
- B) aumentano inizialmente fino a stabilizzarsi a valori più alti di quelli iniziali, mentre il motore comincia a surriscaldarsi e la pressione di alimentazione prende a fluttuare
- C) aumentano progressivamente con l'aumento della velocità, se si supera la velocità massima consentita l'elica va in supergiri e trascina il motore con possibilità di danni rilevanti

3.14 I sensori a bordo della maggior parte degli APR sono:

- A) Giroscopi, accelerometri, magnetometro, barometro
- B) Giroscopi, accelerometri, magnetometro, barometro, ricevitore GPS, videocamera
- C) Giroscopi, accelerometri, magnetometro, barometro, ricevitore GPS

3.15 Le modalità di pilotaggio di un APR DJI sono:

- A) Manuale, Atti, Atti+GPS
- B) Manuale, Atti+GPS, FPV
- C) Manuale, Atti+GPS, Automatico con piano di volo

3.16 In modalità "manual" il pilota deve gestire...

- A) Quota, direzione e potenza
- B) Quota, direzione, potenza e assetto
- C) Direzione e potenza

3.17 In modalità "manual" se il pilota rilascia ambedue gli stick del radiocomando...

- A) L'APR si ferma in assetto
- B) L'APR continua per inerzia per fermarsi dopo un po'
- C) L'APR va fuori controllo e precipita

3.18 Quali modalità di navigazione di un APR sono consentite?

- A) VLOS
- B) VLOS, VLOS+GPS, FPV
- C) VLOS, VLOS+GPS con breve periodo di BLOS, FPV

3.19 La velocità di salita di un multicottero è limitata dalla

- A) Potenza del motore e ESC
- B) Dall'assorbimento della batteria
- C) Dal diametro dell'elica

3.20 Se una batteria LiPo non è caricata come da specifiche

- A) Perde capacità per effetto memoria
- B) Diminuisce il flusso di di scarica: il parametro C
- C) Può prendere fuoco

3.21 Un gimbal brushless può supportare senza aggiustamenti diverse telecamere

- A) Sì è la caratteristica che lo rende preferibile a quello tradizionale
- B) No deve essere risettato
- C) Sì, purchè il peso non vari più del 10%

3.22 Il terminatore di volo

- A) È obbligatorio per operazioni specializzate critiche
- B) Può trasformare operazioni critiche in non critiche
- C) È auspicabile ma le specifiche non sono ancora definite

4. REGOLAMENTAZIONE AEREA**4.1 Quale è la definizione di incidente secondo l'ICAO?**

- A) Quando una o più persone sono ferite in modo grave o mortale
- B) L'aeromobile è distrutto o subisce danni che richiedono riparazioni di grande entità
- C) L'aeromobile è scomparso
- D) Ognuna delle precedenti

4.2 Quante categorie di inconvenienti ("incident") riconosce l'ICAO?

- A) Inconveniente e malfunzionamenti.
- B) Inconveniente grave e inconveniente.
- C) Inconveniente grave, inconveniente e incidente minore.

4.3 In caso di notificazione di mancato incidente, presso quale dei seguenti enti è possibile reperire il "modello ATIRF" prescritto per tale tipo di segnalazioni?

- A) Direzione Aeroportuale di competenza (ex DCA)
- B) ARO
- C) Aero Club

4.4 Quale azione è richiesta ad un aeromobile che osservi un altro in fase d'atterraggio?

- A) Deve dare precedenza
- B) Deve mantenere in vista l'altro aeromobile sino a quando non avrà completato l'atterraggio
- C) Deve effettuare una salita passando al di sopra dell'altro

4.5 Sulle testate delle piste pavimentate, è disegnato un numero a due cifre, che indica:

- A) l'orientamento vero della pista espresso in decine di gradi
- B) l'orientamento magnetico della pista espresso in decine di gradi, eseguite le approssimazioni
- C) la lunghezza della pista espressa in centinaia di metri

4.6 Quale azione dovrà essere intrapresa in caso di sorvolo di un aeroporto?

- A) Dovrà essere posta estrema precauzione al fine di non provocare interferenze al traffico locale
- B) Avvisare la torre di controllo o l'AFIU del sorvolo che ci si accinge ad effettuare
- C) Non è richiesta alcuna specifica azione purché il sorvolo avvenga sopra il limite superiore dell'ATZ

4.7 La sigla VMC viene impiegata per indicare:

- A) un volo condotto in conformità alle regole stabilite per il volo strumentale
- B) un volo condotto in conformità alle regole del volo a vista
- C) condizioni meteorologiche pari o superiori ai valori minimi per il volo a vista

4.8 Entro quale arco di tempo è consentito effettuare operazioni di volo a vista (VFR)?

- A) Dall'alba al tramonto del sole
- B) Dall'inizio del crepuscolo mattutino civile alla fine del crepuscolo serale civile secondo le effemeridi locali
- C) Nei periodi stabiliti per ogni singolo aeroporto dalla Direzione Aeroportuale

4.9 Quali sono i Servizi del Traffico Aereo?

- A) Controllo della validità delle licenze di volo, Servizio Informazioni di Volo, Servizio di Allarme e Soccorso
- B) Il Servizio di Controllo, il Servizio Informazioni Volo e il Servizio di Allarme
- C) La disciplina del traffico aeroportuale, le informazioni sulla viabilità aeroportuale

4.10 Il servizio d'allarme viene assicurato:

- A) Solo ad aeromobili che abbiano presentato un regolare piano di volo
- B) A tutti gli aeromobili soggetti al servizio di controllo del traffico aereo, a quelli che abbiano presentato un piano di volo o che, comunque, risultino noti a servizi ATS o risultino soggetti ad interferenze illecite
- C) Solo ad aeromobili che effettuano voli in IFR o VFR controllati.

4.11 Negli spazi aerei non controllati, chi sopporta l'intera responsabilità della separazione da altro traffico e da ostacoli al suolo?

- A) Il pilota responsabile
- B) Il copilota
- C) Il controllore

4.12 Un volo VFR nelle zone "F" e "G" può essere fatto tra il livello del mare o del suolo a 3.000ft di altitudine (o altezza di 1.000ft, quale più alta) da un aereo con velocità sino a 140 KIAS se:

- A) la visibilità in volo è almeno 5 km
- B) la visibilità in volo è almeno 1.5 km
- C) la visibilità in volo è almeno 8 km

4.13 Quando un volo VFR deve chiedere un'autorizzazione prima di entrare in dati spazi aerei?

- A) Ogni qual volta il volo venga condotto al di sopra di un'altitudine di 3.000 ft o a

1.000 ft di altezza quale delle due risulti più alta

B) Se provenendo da spazi aerei di classe "E", "F" e "G" è diretto verso uno di classe "C" o "D"

C) Quando trattasi di voli condotti al di sopra di FL 100

4.14 Quali sono i limiti orizzontali e verticali di una ATZ controllata?

A) Sono corrispondenti, di massima, ad un cilindro con base e centro sull'aeroporto, 5 miglia nautiche di raggio, 2.000 ft di altezza

B) Sono variabili sia in senso orizzontale che verticale. Vengono stabiliti dalla competente autorità ATS e riportati in AIP

C) Sono corrispondenti, di massima, ad un cilindro con base e centro sull'aeroporto, raggio 5 miglia e 1.500 ft di altezza

4.15 Cosa si intende per zona di controllo (CTR)?

A) Uno spazio aereo al cui interno sono consentite operazioni di volo solo agli aerei con piano di volo IFR

B) Uno spazio aereo controllato che si estende in senso verticale dalla superficie terrestre sino ad un determinato limite superiore stabilito dalla competente autorità

C) Uno spazio aereo controllato all'interno del quale le operazioni di volo degli aeromobili sono soggette al servizio esercitato dalla torre di controllo

4.16 Cosa si intende per "zona regolamentata" (R)?

A) Uno spazio aereo di definite dimensioni entro il quale è vietato effettuare qualsiasi attività di volo

B) Uno spazio aereo di definite dimensioni, sia all'interno che al di fuori del territorio o delle acque territoriali di uno Stato, entro il quale venga effettuata attività di carattere esclusivamente militare

C) Uno spazio aereo di definite dimensioni al di sopra del territorio o delle acque territoriali di uno Stato, entro il quale la condotta dei voli è consentita solo in conformità alle disposizioni emanate dalla competente autorità

4.17 Cosa s'intende per "zona pericolosa" (D)?

A) Uno spazio aereo di definite dimensioni, all'interno del quale è fatto assoluto divieto di effettuare qualsiasi tipo di attività aerea

B) Uno spazio aereo di definite dimensioni, all'interno del quale possono essere svolte, in determinati periodi di tempo, attività pericolose per le operazioni di volo degli aeromobili

C) Uno spazio aereo di definite dimensioni, il cui attraversamento è consentito solo a specifiche condizioni (sopra o sotto determinati livelli di volo, in condizioni VMC o durante le ore diurne)

4.18 Quale è l'altezza minima di sorvolo su zone disabitate o sul mare?

A) 500 ft (150 m)

B) 1.000 ft (300 m)

C) Nessuna prescrizione; al pilota è attribuita la responsabilità di stabilire una quota di sicurezza

4.19 Qual è l'altezza minima consentita per effettuare il sorvolo di città, insediamenti urbani o assembramenti di persone in luoghi aperti?

- A) Un'altezza non inferiore a 1.000 ft dall'ostacolo più alto entro un raggio di 2.000 m
- B) Un'altezza tale che, in caso di emergenza, consenta un atterraggio senza recare danni a cose o persone. Tale altezza non dovrà comunque risultare inferiore a 1.000 ft (300 m) sopra il più alto ostacolo in un raggio di 600 m
- C) Un'altezza lasciata esclusivamente alla discrezionalità del pilota

4.20 Quali azioni dovranno essere intraprese da un aeromobile in radio avaria, in condizioni VMC?

- A) Dirottare verso l'aeroporto idoneo più vicino informando tempestivamente l'ente ATS ad atterraggio effettuato. Sul transponder sarà attivato il codice 7600
- B) Proseguire il volo verso l'aeroporto di destinazione attivando 7600
- C) Ritornare verso l'aeroporto di partenza attivando il transponder su 7600

4.21 L'assicurazione di cui si deve tenere a bordo la relativa nota copre i danni:

- A) causati al pilota in caso di incidente
- B) causati a persone o cose che si trovano sulla superficie
- C) causati a persone o cose terzi e alle persone a bordo dell'aeromobile

4.22 Il Certificato di Navigabilità di un velivolo scade automaticamente quando:

- A) si svolge attività di lavoro aereo non autorizzata
- B) si effettua un atterraggio fuori pista, anche se non si è verificato alcun danno
- C) si è sorvolata una zona vietata

4.23 Per poter esercire la Stazione Radio di bordo si deve:

- A) essere titolare di licenza di radioamatore
- B) essere titolare di licenza di pilota professionista
- C) essere titolare di abilitazione di radiotelefonista associata ad una licenza aeronautica

4.24 Secondo la normativa EASA il certificato medico di 2° classe, per un pilota di età fra i 40 ed i 50 anni è valido per:

- A) 2 anni
- B) 1 anno
- C) 6 mesi

5. COMUNICAZIONI VFR

5.1 Selezionata una nuova frequenza, qual è la precauzione prima d'iniziare la trasmissione?

- A) Pronunciare le cifre da 1 a 10 come nella "prova radio"
- B) Attendere qualche secondo per assicurarsi che non vi siano altre trasmissioni in corso
- C) Mandare un messaggio di preavviso

5.2 Quale dei seguenti nominativi radio d'identificazione dovrà essere assunto da un aeromobile, tipo Cessna, marche I ABCD, al primo contatto radio con una stazione aeronautica?

- A) I CD
- B) I ABCD
- C) Cessna I CD

5.3 Se l'ente di controllo chiama mentre si esegue una manovra, quale è la priorità?

- A) Prima termineremo la manovra in corso, e solo dopo risponderemo
- B) Risponderemo subito, interrompendo la manovra in corso
- C) Cercheremo di fare entrambe le cose contemporaneamente

5.4 Su quale codice dovrà essere attivato il transponder per segnalare lo stato di pericolo?

- A) codice 7077
- B) codice 7770
- C) codice 7700

5.5 Un pilota ha intercettato un messaggio di pericolo accertando la mancata ricezione da parte della stazione aeronautica cui il messaggio è stato indirizzato. Cosa dovrà fare?

- A) Prima di intervenire dovrà attendere che il messaggio di pericolo venga ripetuto una seconda volta
- B) Dovrà dare conferma di ricezione al velivolo in stato di pericolo e quindi ritrasmettere il messaggio alla stazione aeronautica
- C) Dovrà ritrasmettere immediatamente alla stazione aeronautica il messaggio di pericolo intercettato

5.6 Nell'ambito dei messaggi del Servizio Mobile Aeronautico qual è il segnale radiotelefonico utilizzato per trasmettere un messaggio di urgenza?

- A) MAYDAY
- B) URGENCY
- C) PAN PAN

5.7 Può essere regolato il volume in trasmissione?

- A) Sì, mediante il comando del potenziometro
- B) Sì, lo stesso comando che regola il volume in ricezione, regola anche il volume in trasmissione
- C) No, è il tono della voce e la distanza del microfono dalla bocca che regolano il volume in trasmissione

5.8 Come vanno sillabate le parole?

- A) Usando nomi di città
- B) Esclusivamente usando l'alfabeto fonetico ICAO
- C) Usando qualsiasi nome avente la stessa iniziale della lettera da sillabare

5.9 Come va sillabata la virgola del decimale nella trasmissione dei numeri?

- A) Non va sillabato
- B) Usando il termine "virgola"
- C) Usando il termine "decimale"

5.10 In qual caso il segnale "MAY DAY" dovrà precedere la trasmissione di determinati messaggi?

- A) Quando un aeromobile è minacciato da un pericolo grave e/o imminente ed ha necessità di assistenza immediata
- B) Quando un aeromobile si trova in difficoltà tali da costringerlo all'atterraggio ma non necessita di assistenza immediata
- C) Ogni qual volta un aeromobile richiede priorità all'atterraggio

6. NAVIGAZIONE**6.1 Quale è la definizione di latitudine?**

- A) Luogo della superficie terrestre in cui si riscontra lo stesso Isogonismo
- B) Distanza di un punto dall'equatore misurata in gradi da 0° a 90°Est e da 0° a 90°Ovest
- C) Distanza di un punto dall'equatore misurata in gradi da 0° a 90°Nord e da 0° a 90°Sud

6.2 Che cosa sono i paralleli?

- A) Sono cerchi minori determinati da piani ideali secanti la superficie terrestre e paralleli all'Equatore
- B) Sono cerchi minori ottenuti facendo passare sulla superficie terrestre dei piani ideali perpendicolari alla congiungente Zenit Nadir
- C) Sono punti della superficie terrestre che hanno la stessa Longitudine

6.3 Che cosa è il meridiano di riferimento di Greenwich?

- A) È il meridiano avente valore "zero" da cui s'iniziano a contare le Latitudini e passa per l'omonima località
- B) È il meridiano avente valore "zero" dal quale s'iniziano a misurare le Longitudini Est od Ovest. Il suo Antimeridiano è quello del cambiamento di data
- C) È il meridiano che convenzionalmente passa su zone della Terra che sono disabitate e che meglio si presta per il cambiamento di data

6.4 Qual è la definizione di longitudine?

- A) È un arco di Equatore misurato in gradi, primi e secondi ed avente una massima ampiezza di 180°: 90° verso Nord e 90° verso Sud a partire dal meridiano di riferimento
- B) È un arco di meridiano, misurato in gradi, primi e secondi, avente una massima ampiezza di 180°: 90° verso Nord e 90° verso Sud a partire dall'Equatore
- C) È un arco di Equatore misurato in gradi, primi e secondi, con ampiezza massima di 180°Est o 180°Ovest, a partire dal meridiano di riferimento, con valore 0°, al meridiano passante per il punto considerato

6.5 A cosa servono le coordinate geografiche?

- A) Ad individuare la Declinazione magnetica presente in una certa zona
- B) A tracciare una rotta tenendo conto della Declinazione magnetica di una certa zona
- C) Ad individuare un punto sia sulla superficie terrestre sia sulla carta geografica

6.6 Come si chiama l'angolo tra la direzione del Nord Vero e quella del Nord Magnetico?

- A) Deviazione residua
- B) Declinazione magnetica
- C) Inclinação magnetica

6.7 Le linee isogone sono quelle linee tratteggiate riportate sulle carte aeronautiche, che:

- A) Uniscono tutti i punti d'uguale elevazione rispetto al livello del mare
- B) Uniscono punti d'uguale inclinazione magnetica
- C) Uniscono tutti i punti d'uguale declinazione magnetica

6.8 La bussola magnetica indica al pilota:

- A) La direzione del Nord bussola
- B) La direzione del Nord magnetico
- C) La direzione del Nord geografico

6.9 Da quali fattori dipende la deviazione della bussola magnetica?

- A) Dai circuiti elettrici di bordo che creano un campo magnetico che influisce sulle indicazioni della bussola magnetica, e varia con l'orientamento
- B) Dal campo magnetico terrestre
- C) Dalla Devianza magnetica presente nella zona

6.10 Definire la Rotta Vera (True Course):

- A) Angolo misurato da 0° a 360° in senso orario tra il meridiano vero di un punto e la congiungente di tale punto con quello d'arrivo
- B) Angolo misurato da 0° a 180° verso destra o verso sinistra del meridiano di partenza
- C) Angolo riferito al meridiano magnetico passante per il punto di partenza, misurato in senso orario da 0° a 360°

6.11 Definire la deriva

- A) Scarrocciamento laterale causato dalla componente trasversale del vento.
- B) Scostamento della prua di un velivolo causato da un vento non allineato col suo asse longitudinale
- C) Angolo del quale è necessario correggere il valore della Prua bussola da seguire al fine di assumere una direzione che annulli l'azione del vento.

6.12 L'angolo che l'asse longitudinale dell'aeromobile forma colla direzione del Nord magnetico è:

- A) rotta magnetica
- B) prua vera
- C) prua magnetica

6.13 Che cosa è la scala di una carta?

A) È la proprietà di una carta aeronautica per cui le distanze misurate su di essa sono equivalenti se-condo un certo rapporto a quelle corrispondenti sulla Terra.

B) È un numero adimensionale che esprime la deformazione che subisce una certa zona della super-ficie terrestre nel processo di proiezione su una carta aeronautica.

C) È il reticolo che viene a formarsi su una carta aeronautica dall'incrocio dei paralleli e dei meridiani che serve all'individuazione di un punto.

6.14 Come vengono rappresentati i paralleli sulla carta di Lambert?

A) Da linee rette parallele tra loro ed equidistanti.

B) Da linee rette parallele tra loro ma non equidistanti.

C) Da archi di cerchio concentrici ma non equidistanti.

6.15 Come vengono rappresentati i meridiani sulla carta di Lambert?

A) Da linee rette verticali ed equidistanti tra di loro.

B) Da linee rette oblique convergenti verso il vertice di un cono.

C) Da linee rette e parallele tra loro.

6.16 Cosa è un fuso orario?

A) Regione ampia 15° di longitudine e corrispondente al percorso che il Sole compie in un'ora

B) Regione ampia 30° di longitudine e corrispondente al percorso che il Sole compie in due ore

C) Regione ampia 15° di latitudine e corrispondente al percorso che il Sole compie in un'ora.

6.17 Dove sarà statisticamente probabile si trovi la posizione reale rispetto al punto pianificato?

A) Entro un cerchio di raggio il 5% della distanza dall'ultimo punto riconosciuto con certezza

B) Entro un cerchio di raggio il 10% della distanza dall'ultimo punto riconosciuto con certezza

C) Entro un cerchio di raggio il 30% della distanza dall'ultimo punto riconosciuto con certezza

6.18 Qual'è il numero minimo di satelliti GPS da ricevere per determinare la propria posizione?

A) 4

B) 6

C) 8

6.19 Nel modo di trasmissione C/A (Coarse/Acquisition) utilizzato dai satelliti GPS per impiego civile, qual è l'approssimazione orizzontale e verticale?

A) 18 Mt orizzontali, 28 Mt verticali

B) Non esiste approssimazione

C) 100 Mt orizzontali, 150 Mt verticali

6.20 Qual è il significato dell'abbreviazione TRK nel GPS?

- A) Rotta da percorrere per arrivare ad un waypoint
- B) La distanza dell'aereo dalla rotta desiderata, espressa in NM
- C) La direzione del movimento rispetto al Nord

6.21 Qual è il significato dell'abbreviazione GDOP nel GPS?

- A) È l'indice di accuratezza geometrica nel rilevamento della posizione
- B) È l'indice di carica della batteria
- C) È il numero di satelliti che si stanno ricevendo

6.22 Qual è il significato del termine Bearing nel GPS?

- A) È l'angolo di rotta tra il waypoint di partenza e di destinazione
- B) È l'angolo rispetto al Nord tra la posizione attuale ed un waypoint, rappresenta la rotta da seguire per portarsi sul Wpt
- C) È l'angolo tra la prua e il waypoint

6.23 Un quadricottero in una giornata senza vento fa un percorso rettilineo andata e ritorno verso un waypoint in 10 minuti. Il giorno dopo c'è un vento costante di 10 km/h, contrario all'andata a favore al ritorno. Se il pilota mantiene sull'APR la stessa potenza del giorno prima, il tempo per effettuare il percorso sarà...

- A) Lo stesso: 10 minuti
- B) Dipende dalla velocità dell'APR
- C) Maggiore del giorno prima

7. METEOROLOGIA**7.1 I fenomeni meteorologici determinanti per il tempo, si manifestano**

- A) Nella Troposfera dove c'è aria sufficiente perché si formino
- B) Nella Ionosfera
- C) Nella Stratosfera

7.2 L'atmosfera standard o ISA serve per:

- A) Rendere più uniformi le previsioni del tempo
- B) Avere parametri di riferimento costanti
- C) Riportare i parametri in quota al livello del mare

7.3 Qual è il valore standard della pressione atmosferica a livello del mare?

- A) 1.013,25 hPa (hectopascal), 29,92 inches Hg (pollici)
- B) non esiste; è continuamente variabile
- C) quella comunicata di volta in volta dagli Enti di controllo del traffico aereo

7.4 Salendo in quota la pressione atmosferica diminuisce; tale diminuzione prende il nome di:

- A) Gradiente orizzontale
- B) Gradiente adiabatico verticale
- C) Gradiente barico verticale

7.5 Il gradiente termico verticale in atmosfera standard è pari a:

- A) 1°C ogni 100 metri
- B) 2°C ogni 1.000 m
- C) 6,5°C ogni 1.000 m

7.6 Quando una massa d'aria si dice satura?

- A) Quando la sua temperatura diminuisce rapidamente
- B) Quando la temperatura di rugiada è maggiore della temperatura ambiente
- C) Quando contiene tutto il vapore che le è consentito in funzione della temperatura

7.7 La temperatura di rugiada (Dew Point) è la temperatura...

- A) A cui l'aria diventerebbe satura, se raffreddata senza subire variazioni di pressione
- B) A cui l'aria diventerebbe satura, se riscaldata senza subire variazioni di pressione
- C) richiesta per ottenere la saturazione dell'aria

7.8 Conoscendo la temperatura ambiente e la temperatura di rugiada di una località, si può prevedere la possibilità di...

- A) precipitazioni temporalesche nella zona.
- B) pioggia nella zona.
- C) formazione di nebbia, se le due temperature sono uguali o molto vicine.

7.9 Il vapore d'acqua è visibile a occhio nudo?

- A) Solo con particolari occhiali
- B) No in quanto trattasi di gas
- C) Sì

7.10 Le "isobare" sono:

- A) Linee di ugual declinazione magnetica
- B) Linee che uniscono i punti di ugual temperatura
- C) Linee che uniscono i punti aventi la stessa pressione atmosferica

7.11 Osservando su una carta meteorologica delle isobare particolarmente ravvicinate, il pilota può dedurre l'esistenza di:

- A) Alti valori di intensità del vento
- B) Gradiente termico orizzontale elevato
- C) Bassi valori di intensità del vento

7.12 Con riferimento alle aree cicloniche e anticicloniche, nell'emisfero nord il moto dei venti avviene:

- A) Dalla zona di alta alla zona di bassa pressione, perpendicolarmente alle isobare
- B) In senso orario nelle aree cicloniche e antiorario nelle aree anticicloniche
- C) In senso antiorario nelle aree cicloniche e orario nelle aree anticicloniche

7.13 Durante il giorno, sopra quali luoghi della superficie terrestre, alla stessa latitudine, l'aria in vicinanza del suolo è più riscaldata per irraggiamento?

- A) Sopra laghi e mari
- B) Sopra prati e boschi
- C) Sopra rocce e spiagge sabbiose asciutte

7.14 Una delle seguenti caratteristiche è tipica di una massa d'aria stabile:

- A) Visibilità discreta o scarsa con foschia
- B) Nubi cumuliformi
- C) Visibilità ottima

7.15 Una delle seguenti caratteristiche è tipica di una massa d'aria instabile:

- A) Precipitazioni leggere e continue
- B) Nubi stratificate e nebbia
- C) Aria turbolenta

7.16 Le nubi sono formazioni di:

- A) Vapore acqueo
- B) Goccioline d'acqua o cristalli di ghiaccio
- C) acqua allo stato aeriforme o di sovrassaturazione

7.17 La nebbia di avvezione è prodotta...

- A) dalla dispersione di calore degli strati bassi di aria
- B) da aria calda ed umida proveniente da altri luoghi, che prende a scorrere su superfici fredde
- C) da innalzamento di aria lungo i declivi montani

7.18 Appartengono alla nubi basse (sino a 2.000m):

- A) Strati, stratocumuli, nembostrati
- B) Strati, stratocumuli, nembostrati, cumulonembi
- C) Cumuli, cumulonembi, cirrostrati

7.19 Da quale tipo di nube è provocata la pioviggine?

- A) Strati
- B) Cumulonembi
- C) Cumuli

7.20 Qual è il fenomeno principale associato alle nubi stratificate nembostrati?

- A) Temporali, grandine
- B) Pioggerella e forte vento
- C) Pioggia continua, e forte, scarsa visibilità al suolo

7.21 A quale famiglia di nubi appartengono i cumulonembi?

- A) Nubi basse
- B) Nubi alte
- C) Nubi medie
- D) Nubi a sviluppo verticale

7.22 Con vento incanalato in una valle, ci si deve aspettare turbolenza d'attrito?

- A) Sì, le strozzature della valle fanno da Venturi causando un aumento locale della velocità e turbolenza
- B) No non c'entra niente
- C) Dipende dal peso dell'aeromobile

7.23 La legge di Buys Ballot dice che nel nostro emisfero un osservatore che riceve il vento alle spalle ha:

- A) L'alta pressione davanti e la bassa pressione di dietro
- B) L'alta pressione a sinistra e la bassa pressione a destra
- C) L'alta pressione dietro a destra e la bassa pressione avanti a sinistra

7.24 Un fronte freddo è convenzionalmente rappresentato come una serie di:

- A) semicerchi
- B) triangoli
- C) triangoli alternati con semicerchi

7.25 Il fronte freddo genera normalmente nubi di tipo:

- A) Stratificato
- B) A sviluppo verticale
- C) Lenticolari

7.26 Le precipitazioni associate normalmente al fronte freddo sono:

- A) Brevi ma intense
- B) Leggere e persistenti
- C) Brevi e leggere

7.27 Le precipitazioni associate al fronte caldo sono per lo più:

- A) Leggere e persistenti
- B) Brevi e leggere
- C) Brevi ma intense

7.28 Quando la turbolenza è classificata moderata? Quando si verificano...

- A) leggeri e ritmici sobbalzi dell'aeromobile e non esiste alcuna difficoltà a mantenere la traiettoria di volo
- B) sobbalzi e variazioni di assetto sensibili, ma l'aeromobile rimane sempre sotto controllo
- C) ampie e brusche variazioni di altitudine e di assetto e l'aeromobile può andare fuori controllo per brevi periodi

7.29 Quali fenomeni sono associati ai cumulonembi?

- A) Ghiaccio, turbolenza, freddo, scarsa visibilità
- B) Pioggia continua, scarsa visibilità, calma di vento
- C) Precipitazioni, ghiaccio, turbolenza, fenomeni elettrici

7.30 Turbolenza si può trovare in aria serena tra due cellule temporalesche?

- A) Sì
- B) Sì, ma solo di notte
- C) Sì ma solo di giorno

8. PROCEDURE OPERATIVE

8.1 La sperimentazione deve essere condotta...

- A) In condizioni limite: peso massimo e minimo, eccetera
- B) In condizioni di uso normale
- C) In condizioni di uso normale e anche in condizioni limite

8.2 Al termine della sperimentazione le informazioni raccolte servono per preparare...

- A) Il Manuale delle Prestazioni e le scadenze di Manutenzione
- B) Il Manuale delle Prestazioni.
- C) Il Manuale di Volo e il Manuale di Manutenzione

8.3 La valutazione se un'operazione è critica o non critica è fatta...

- A) Dall'Operatore
- B) Dall'Operatore e dal Pilota
- C) Dal Pilota che fa la relativa dichiarazione a ENAC

8.4 La conseguenza dell'avverarsi del rischio è definita "catastrofica" se in conseguenza della caduta o dell'avaria dell'APR...

- A) L'APR è distrutto o non riparabile
- B) Potrebbe causare morte o lesioni gravi a terzi
- C) Potrebbe causare morte o lesioni gravi a più di due persone

8.5 Prima di iniziare operazioni specializzate in uno spazio aereo non controllato l'operatore deve accertarsi che...

- A) La visibilità sia almeno 5.000 m
- B) La visibilità sia almeno 1.500 m
- C) La visibilità sia a suo giudizio sufficiente e non piova

8.6 Prima di iniziare operazioni specializzate in uno spazio aereo controllato, tra gli equipaggiamenti richiesti ci sono anche ...

- A) Il transponder e una radio ricetrasmittente aeronautica
- B) Il transponder, una radio ricetrasmittente aeronautica e il cavo di ritenuta
- C) Il transponder e il cavo di ritenuta

8.7 I limiti nel volo V70 sono:

- A) Altezza massima 70 m, distanza dal pilota 200 m
- B) Altezza massima 70 m, distanza dall'osservatore 200 m
- C) Altezza massima 70 m, distanza dal punto di decollo 200 m

8.8 La documentazione necessaria: qualifica del pilota, autorizzazione e/o dichiarazione ecc, durante un'operazione specializzata deve:

- A) Presso la sede legale dell'Operatore
- B) Trovarsi vicino alla Ground Control Station
- C) Disponibile entro tre ore su richiesta di un rappresentante dell'autorità aeronautica

8.9 Dove si trovano le prestazioni di un SAPR e i dati per il corretto carico dell'APR?

- A) Nel Manuale di Volo e nel Manuale delle Operazioni
- B) Nella Guida al SAPR e alle Operazioni che l'Operatore mette a disposizione del Pilota
- C) Nel Manuale di Volo

8.10 Il Manuale delle Operazioni per lo specifico SAPR contiene:

- A) Le condizioni e le procedure per l'impiego, le misure per la protezione di terze parti, la lista degli equipaggiamenti necessari
- B) Le condizioni e le procedure per l'impiego e la lista degli equipaggiamenti necessari
- C) Le caratteristiche e le prestazioni del SAPR e l'elenco dei piloti abilitati a pilotarlo

9. SICUREZZA DEL VOLO

9.1 Quali sono gli effetti che l'alcol produce sulla mente?

- A) Diminuzione delle capacità di giudizio, d'attenzione, di coordinazione, compensata da una maggiore consapevolezza generale della situazione
- B) Diminuzione delle capacità di giudizio, d'attenzione, di coordinazione, riduzione delle capacità mnemoniche, dei riflessi, della capacità visiva e della resistenza alla fatica
- C) Riduzione delle capacità di giudizio, d'attenzione, di coordinazione, compensata da un aumento del senso generale di benessere e di fiducia in se stessi, ben giustificato

9.2 La tensione emotiva (stress) può arrivare a livelli da compromettere la capacità di giudizio del pilota.

- A) Vero
- B) Falso

9.3 Ogni volo può essere considerato come una catena di eventi, ciascuno dei quali è connesso con gli altri. Qual è la caratteristica che più deve attirare l'attenzione del pilota?

- A) La robustezza di ciascun anello della catena è indipendente dalla capacità di controllo del pilota
- B) Quali che siano le funzioni in ogni anello, possono essere avocate a sé dal pilota in ogni momento
- C) Un anello debole causa la debolezza di tutti gli anelli che seguono, talora fino alla rottura

9.4 La rappresentazione delle ipotesi d'azione per indirizzare un volo è un requisito per poter adottare una decisione. La decisione è più facile in presenza di molte o di poche ipotesi?

- A) Di molte ipotesi: almeno 4 o 5
- B) Di poche ipotesi: meglio se 2
- C) Indifferente

9.5 Le risposte di tipo riflesso (livellare, impostare una virata, correggere un angolo di banco) sono attivate automaticamente dagli stimoli percepiti. Vero o falso?

- A) Falso
- B) Vero

9.6 La differenza sostanziale tra comportamenti non automatici ed automatici è:

A) I comportamenti non automatici sono più lenti, ma svolti a livello di alta consapevolezza; quelli automatici sono molto veloci, ma svolti a livello di bassa o nessuna consapevolezza

B) Quelli non automatici sono più veloci, e svolti a livello di alta consapevolezza; quelli automatici sono molto lenti e passano inosservati

C) Non c'è una sostanziale differenza di velocità tra i due tipi di comportamenti

9.7 A quali inconvenienti sono esposti i comportamenti automatici?

A) Possono richiedere tempi eccessivi per la loro definizione ed attuazione

B) Possono contenere errori che passano inosservati

C) Nessun inconveniente: sarebbe opportuno assumere sempre comportamenti automatici

9.8 L'attenzione volontaria è una funzione:

A) Diffusa

B) Legata alla sola concentrazione

C) Monocanale

9.9 Quale atteggiamento viene adottato per sfruttare al meglio l'attenzione?

A) Fissarla sull'oggetto di maggior interesse

B) Impiegarla per discriminare prevalentemente i suoni

C) Organizzare razionalmente la scansione (scanning)

9.10 Vi sono tratti del carattere che possono influire negativamente sulla decisione. Vero o falso?

A) Vero

B) Falso

RISPOSTE AI QUIZ

1.1 B	2.1 B	3.1 C	4.1 D	5.1 B	6.1 C	7.1 A	8.1 C	9.1 B
1.2 B	2.2 A	3.2 A	4.2 B	5.2 B	6.2 A	7.2 B	8.2 C	9.2 A
1.3 A	2.3 B	3.3 C	4.3 B	5.3 A	6.3 B	7.3 A	8.3 A	9.3 C
1.4 A	2.4 B	3.4 A	4.4 A	5.4 C	6.4 C	7.4 C	8.4 B	9.4 B
1.5 C	2.5 C	3.5 B	4.5 B	5.5 B	6.5 C	7.5 C	8.5 B	9.5 A
1.6 A	2.6 B	3.6 C	4.6 C	5.6 C	6.6 B	7.6 C	8.6 A	9.6 A
1.7 D	2.7 B	3.7 C	4.7 C	5.7 C	6.7 C	7.7 A	8.7 A	9.7 B
1.8 A	2.8 B	3.8 A	4.8 B	5.8 B	6.8 A	7.8 C	8.8 B	9.8 C
1.9 C	2.9 D	3.9 A	4.9 B	5.9 C	6.9 A	7.9 B	8.9 C	9.9 C
1.10 C	2.10 D	3.10 B	4.10 B	5.10 A	6.10 A	7.10 C	8.10 A	9.10 A
1.11 D	2.11 C	3.11 B	4.11 A		6.11 A	7.11 A		
1.12 B	2.12 C	3.12 B	4.12 B		6.12 C	7.12 C		
1.13 C	2.13 A	3.13 C	4.13 B		6.13 A	7.13 C		
1.14 A	2.14 B	3.14 C	4.14 A		6.14 C	7.14 A		
1.15 D	2.15 A	3.15 A	4.15 B		6.15 B	7.15 C		
	2.16 B	3.16 B	4.16 C		6.16 A	7.16 B		
	2.17 B	3.17 C	4.17 B		6.17 B	7.17 B		
	2.18 B	3.18 A	4.18 A		6.18 A	7.18 A		
	2.19 B	3.19 A	4.19 B		6.19 A	7.19 A		
	2.20 C	3.20 C	4.20 A		6.20 A	7.20 C		
	2.21 C	3.21 B	4.21 C		6.21 A	7.21 D		
	2.22 C	3.22 C	4.22 B		6.22 B	7.22 A		
	2.23 A		4.23 C		6.23 C	7.23 C		
	2.24 C		4.24 A			7.24 B		
	2.25 A					7.25 B		
	2.26 B					7.26 A		
	2.27 A					7.27 A		
	2.28 A					7.28 B		
	2.29 C					7.29 C		
	2.30 B					7.30 A		
	2.31 C							
	2.32 A							

SIMBOLI E FATTORI DI CONVERSIONE

Nelle tabelle sottostanti sono riportati i simboli utilizzati e alcuni fattori di conversione. Tra parentesi quadre [] è indicata l'unità di misura, ad es: [m/s] per le velocità, per le forze [N], o [kg] nel sistema pratico, [] per i numeri puri, ...

C	(Angolo di) calettamento	[°]
C _p	Coefficiente di portanza	[.]
C _r	Coefficiente di resistenza	[.]
d	Declinazione magnetica (Variation)	[°]
E	Efficienza	[.]
f	Frequenza	[Hz] [1/s]
i	Angolo di incidenza	[°]
l	Apertura alare	[m]
m	Massa	[kg]
n	Fattore di carico	[.]
P	Portanza	[N]
p	Pressione	[N/m ²]
p _d	Pressione dinamica = $\frac{1}{2} \rho V^2$	[N/m ²]
p _s	Pressione statica	[N/m ²]
Q	Peso aeromobile (m*g)	[N] o [kg]
Q/S	Carico alare	[N/m ²]

R	Resistenza	[N]
S	Superficie alare	[m ²]
T	Periodo	[s]
V _z	Velocità verticale	[m/s] [ft/min]
W	Potenza (1CV = 735,5Watt)	[W]
δ	Deviazione magnetica (Deviation)	[°]
λ	Latitudine	[°]
φ	Longitudine	[°]
ρ	Densità	[kg/m ³]

CONVERSIONI

FATTORI DI MOLTIPLICAZIONE

DISTANZE E VELOCITÀ

Centimetri	[cm]	1/ 2,54	→	[in]	
		←	2,54		Pollici
Metri	[m]	3,2808	→	[ft]	
		←	0,3048		Piedi
Chilometri	[km]	1/ 1,852	→	[NM]	
		←	1,852		Miglia Nautiche
	[km]	1/ 1,609	→	[SM]	
		←	1,609		Miglia Statutarie
Metri al secondo	[m/s]	3,6	→	[km/h]	
		←	1/ 3,6		Chilometri all'ora
	[m/s]	1,944	→	[kt]	
		←	1/1,944		Nodi (NM/h)
	[m/s]	196,85	→	[ft/min]	
		←	1/196,85		Piedi al minuto
Chilometri all'ora	[km/h]	1/1,852	→	[kt]	
		←	1,852		Nodi (NM/h)
	[km/h]	1/1,609	→	[MPH]	
		←	1,609		Miglia all'ora
Nodi	[kt]	1,151	→	[MPH]	
		←	1/ 1,151		Miglia all'ora