

versione	del
01	17/08/2014

Fenomeni pericolosi per il volo



IBN EDITORE

www.ibneditore.it

prof.ssa C. Agizza

agizzaca@gmail.com

Per eventuali suggerimenti o correzioni rivolgersi all'autore

Sicurezza del volo

Esperienza del pilota

Economicità del volo

Ritardi



Pericolo

Evento accidentale

Perdita di vite umane
Danni a persone o cose
Danni all'ambiente

Condizioni meteorologiche avverse

Visibilità

Caligine

- Sospensione di particelle solide secche, estremamente piccole, invisibili ad occhio nudo.
- Umidità relativa non supera il 60%.

Foschia

- Sospensione, negli strati d'aria a contatto con la superficie terrestre, di microscopiche goccioline d'acqua e/o di piccoli cristalli di ghiaccio.
- Umidità relativa che supera il 60% e **visibilità \geq 1Km**

Nebbia

- Sospensione, negli strati d'aria a contatto con la superficie terrestre, di microscopiche gocce d'acqua e/o di piccoli cristalli di ghiaccio.
- Umidità relativa che supera il 60% e **visibilità $<$ 1 Km**

Con visibilità $<$ 8 Km è necessaria l'applicazione di regole di volo IFR.

Umidità relativa: rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuto in una massa d'aria e la quantità massima di vapore acqueo che la stessa massa d'aria riesce a contenere nelle stesse condizioni di temperatura e pressione.

Caligine

giallastra



Velo nell'aria

- Pulviscolo microscopico: sabbia, fumo, cristalli di sale.
- E' trasportato nell'aria dall'azione del vento e del rimescolamento dovuto alle correnti convettive.
- Restano in sospensione per effetto della turbolenza meccanica e termica.
- Durante le precipitazioni vengono trascinate al suolo.

La convezione è un tipo di trasporto causato da un gradiente di pressione e dalla forza di gravità, assente nei solidi e trascurabile per i fluidi molto viscosi, caratterizzato da moti di circolazione interni al fluido.

azzurrognola

Caligine



- Si forma negli strati atmosferici inferiori.
- Le inversioni termiche in quota favoriscono la formazione di caligini dense poiché i fumi ed il pulviscolo, non potendo salire più in alto delle inversioni, si estendono e si concentrano al di sotto.

Foschia



Nebbia



- La foschia è sostanzialmente identica alla nebbia dal punto di vista fisico.
- Si parla di foschia quando il campo visivo è compreso tra 1 e 10 km
- Si parla di nebbia quando la concentrazione di gocce d'acqua è tale da ridurre la visibilità al di sotto di 1 km.

Foschia

- **E' frequente sui continenti in presenza di zone anticicloniche in autunno e in inverno, sulle distese d'acqua in qualsiasi stagione.**
- **Si forma se la concentrazione di nuclei di condensazione è bassa e l'umidità relativa è > 60% ma non massima.**

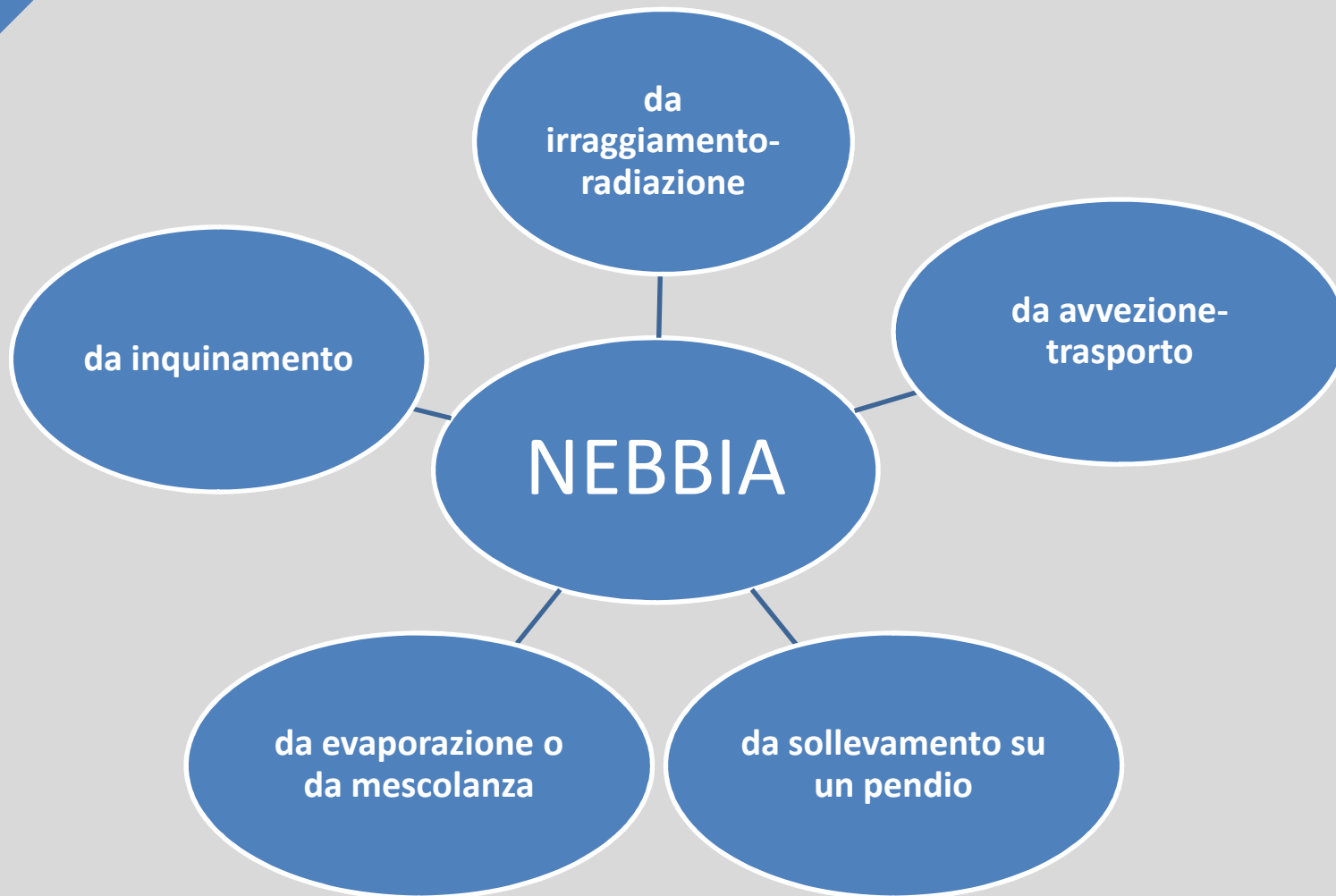
Nebbia

- **Colore biancastro (giallastro nelle zone industriali).**
- **Si forma se la concentrazione di nuclei di condensazione è alta e l'umidità relativa è prossima al 100%.**
- **Sensazione di umidità e di freddo.**

Nebbia

- **Le dimensioni delle goccioline variano da 5 a 70 micron ($1\mu\text{m}=0.001\text{mm}$).**
- **La concentrazione delle goccioline dipende dalla temperatura, dal contenuto di vapore e dai nuclei di condensazione e varia da 20 a 50 goccioline per cm^3 .**

Nebbia



Nebbia

da
irraggiamento-
radiazione

CONDIZIONI PER LA FORMAZIONE:

- Stagione fredda
- Regime anticiclonico
- Vento debole
- Aria umida nei bassi strati, aria secca in quota
- Punto di rugiada vicino alla temperatura dell'aria
- Cielo sereno o poco nuvoloso
- Manca uno strato nuvoloso che rifletta al suolo l'irraggiamento del calore accumulato durante il giorno dalla Terra.

PROCESSO DI FORMAZIONE:

La bassa temperatura del suolo raffredda lo strato d'aria a contatto

LUOGHI:

- Pianura
- Vallate



Nebbia

da avvezione-
trasporto

CONDIZIONI PER LA FORMAZIONE:

- Aria calda e umida che scorre orizzontalmente transitando su una superficie più fredda
- Si manifesta più spesso in primavera e all'inizio dell'estate

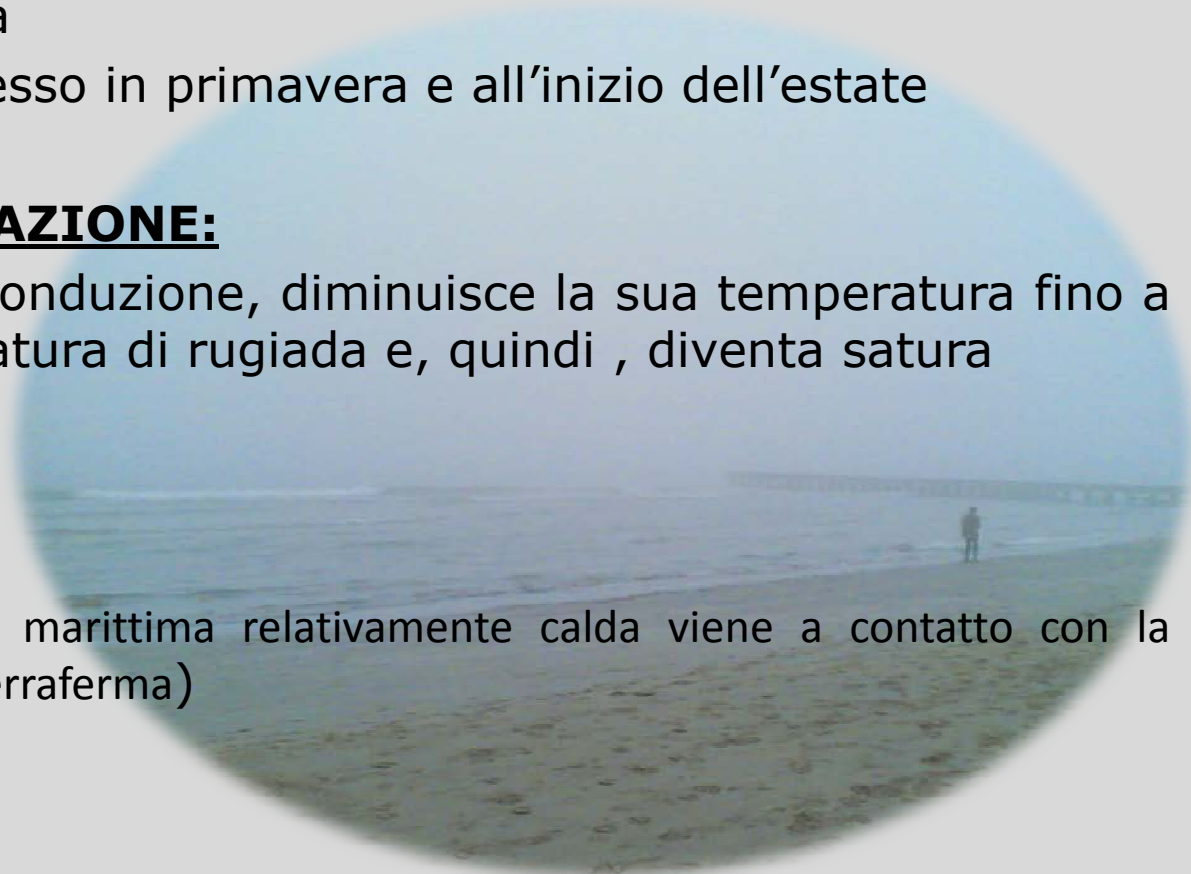
PROCESSO DI FORMAZIONE:

L'aria raffreddata per conduzione, diminuisce la sua temperatura fino a raggiungere la temperatura di rugiada e, quindi, diventa satura

LUOGHI:

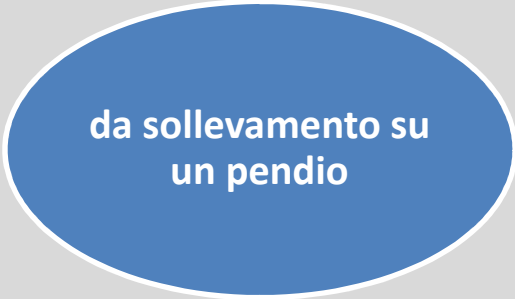
Sulla superficie marina

In zone costiere (L'aria marittima relativamente calda viene a contatto con la superficie fredda della terraferma)





Nebbia



da sollevamento su
un pendio

Si genera lungo i pendii dei rilievi quando aria umida si raffredda per espansione adiabatica a seguito del sollevamento forzato.

Nebbia

da evaporazione o
da mescolanza

Marittima o da evaporazione di superficie liquida

CONDIZIONI PER LA FORMAZIONE:

La differenza di temperatura tra l'aria e la superficie dell'acqua è 5-6°C

PROCESSO DI FORMAZIONE:

Si genera quando aria fredda passando su una superficie di acqua calda si umidifica per evaporazione della superficie sulla quale sta transitando

LUOGHI:

Mari
Laghi
Fiumi





Nebbia



da evaporazione o
da mescolanza

Frontale (Frontal fog)

CONDIZIONI PER LA FORMAZIONE:

Precipitazioni di un fronte caldo che in parte evaporano nell'aria fredda sottostante

PROCESSO DI FORMAZIONE:

- E' dovuta all'evaporazione delle precipitazioni nell'aria fredda sottostante
- Le gocce trasportano verso il basso aria calda e umida che contribuisce alla saturazione del vapore stesso; le goccioline che si formano danno luogo alla la nebbia.



Nebbia



da evaporazione o
da mescolanza

Da mescolanza (o di rimescolamento)

CONDIZIONI PER LA FORMAZIONE:

Si originano quando due masse d'aria con rilevante contenuto di vapore e notevole differenza di temperatura si mescolano tra di loro e raggiungono la saturazione

LUOGHI:

Sono nebbie abbastanza rare

Nebbia

da evaporazione o
da mescolanza

da smog

CONDIZIONI PER LA FORMAZIONE:

L'aria vicina al suolo è stagnante e favorisce l'accumulo degli inquinanti

PROCESSO DI FORMAZIONE:

- Le goccioline che galleggiano nell'aria inglobano gli inquinanti mantenendoli vicini al suolo, dove possono ridepositarsi sul terreno, sulla vegetazione, sulle case, etc...
- La nebbia tende a "sporcarsi" e viene detta Smog, infatti la parola deriva dall'inglese SMOke (fumo) e fOG (nebbia)

LUOGHI:

- Centri urbani
- Zone industriali



Dissolvimento

- Le nebbie da irraggiamento si formano durante la notte: l'insolazione le fa sparire a meno che non abbiano una grande estensione e che non vi sia ristagno di aria fredda e umida nei bassi strati
- Le nebbie da avvezione sono quelle più persistenti
- Il vento dissolve le nebbie da irraggiamento
- Il vento alimenta le nebbie da avvezione

Ghiacciamento (icing)

Formazione
di ghiaccio

Trasformazione dell'acqua contenuta nell'atmosfera in un deposito di ghiaccio su un aereo o su parti di esso. Può avvenire in volo o a terra.

dalla natura
della nube

Aspetto e
caratteristiche del
ghiaccio

dalla dimensione e
dalla densità delle
gocce d'acqua

dalla temperatura



E' legata alla presenza di gocce d'acqua nell'atmosfera, sotto forma di vapore saturo o gocce soprafuse

- L'acqua **soprafusa** è costituita da goccioline d'acqua di temperatura inferiore a 0° centigradi
- Quando le goccioline soprafuse colpiscono un oggetto freddo, come l'ala di un aeromobile, l'impatto ne causa il congelamento
- Le gocce di acqua soprafusa si trovano soprattutto nelle nubi a temperature tra 0 e -15 °C
- Le forti correnti verticali possono trasportare acqua soprafusa a grandi altitudini dove le temperature sono molto più fredde

**Formazione
di ghiaccio**

Il ghiaccio e la temperatura

**molto friabile
(consistenza
della neve)
intorno a -12°C**

**più frequente
intorno a -5°C**

**pericoloso
tra 0° e -8°C**

**Formazione
di ghiaccio**

Velocità di formazione del ghiaccio

dalla
densità
delle gocce
d'acqua
(numero
per cm^3)

dalla
grandezza
delle gocce

dalla
velocità
dell'aereo

dalla
temperatura
dell'aereo

Formazione di ghiaccio

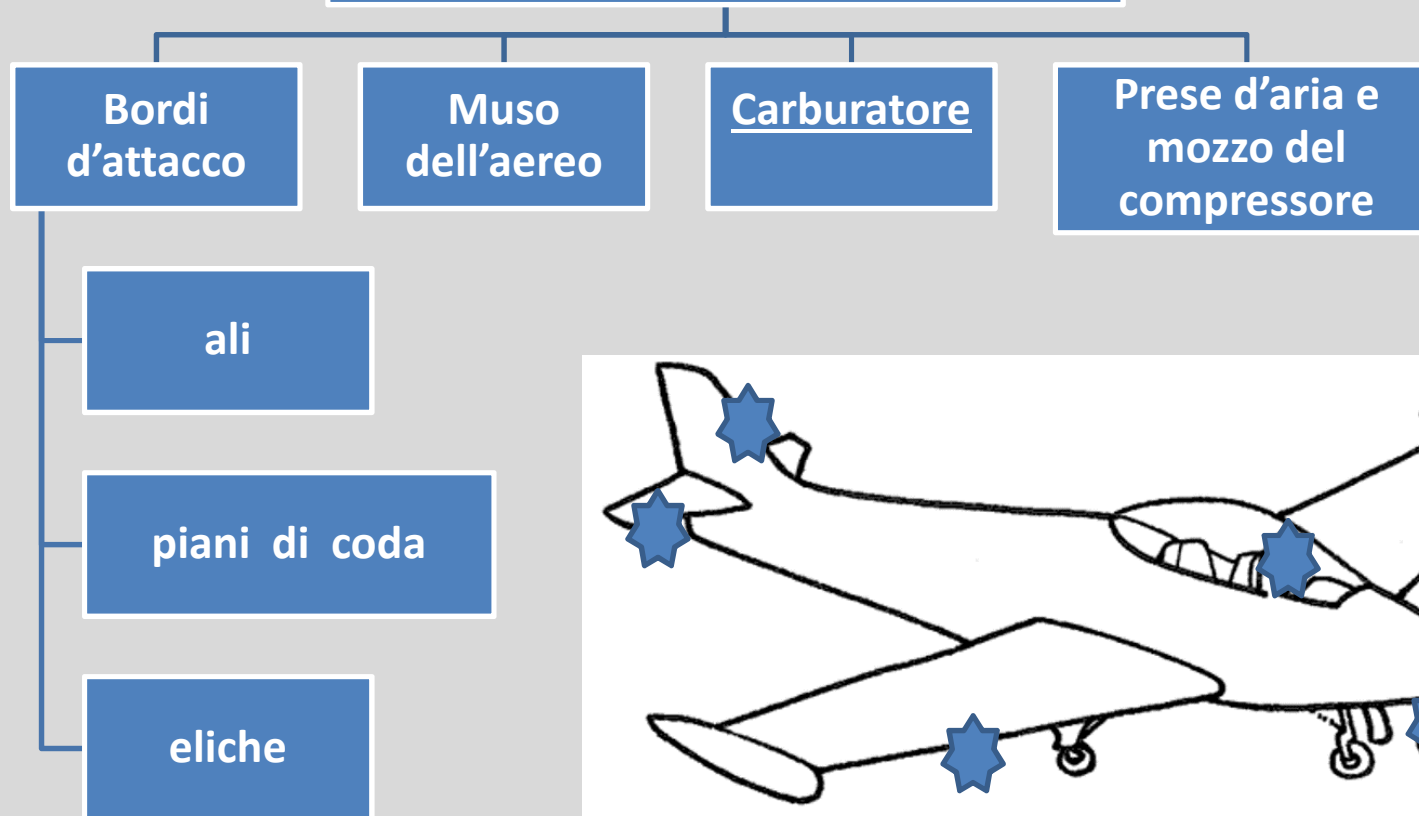
GIACCIO	ASPETTO	FORMAZIONE	DOVE SI TROVA
TRASPARENTE O VETRONE	chiaro, compatto, trasparente, aderente	congelamento di grosse e numerose gocce d'acqua sopraffusa	nelle nubi tra 0°C e -10°C
GRANULOSO / GALAVERNA	opaco, poroso	congelamento di piccole gocce d'acqua sopraffusa	nelle nubi e nella pioviggine, tra -10°C e -20°C
GHIACCIO BRINOSO	leggero, simile a brina	in aria chiara per sublimazione del vapore acqueo	a terra e in volo (anche in aria chiara)

L'aereo in discesa attraversa uno strato di aria umido e più caldo della sua superficie (molto più fredda a causa della permanenza a quote più elevate).

La sublimazione è quel processo di transizione dallo stato aeriforme allo stato solido, senza passare per lo stato liquido.

Formazione di ghiaccio

Parti dell'aereo soggette all'accumulo di ghiaccio



Formazione di ghiaccio

Effetti del ghiaccio su aeromobile

Alterazione del flusso aerodinamico

Ostruzione

Mancanza di visibilità anteriore

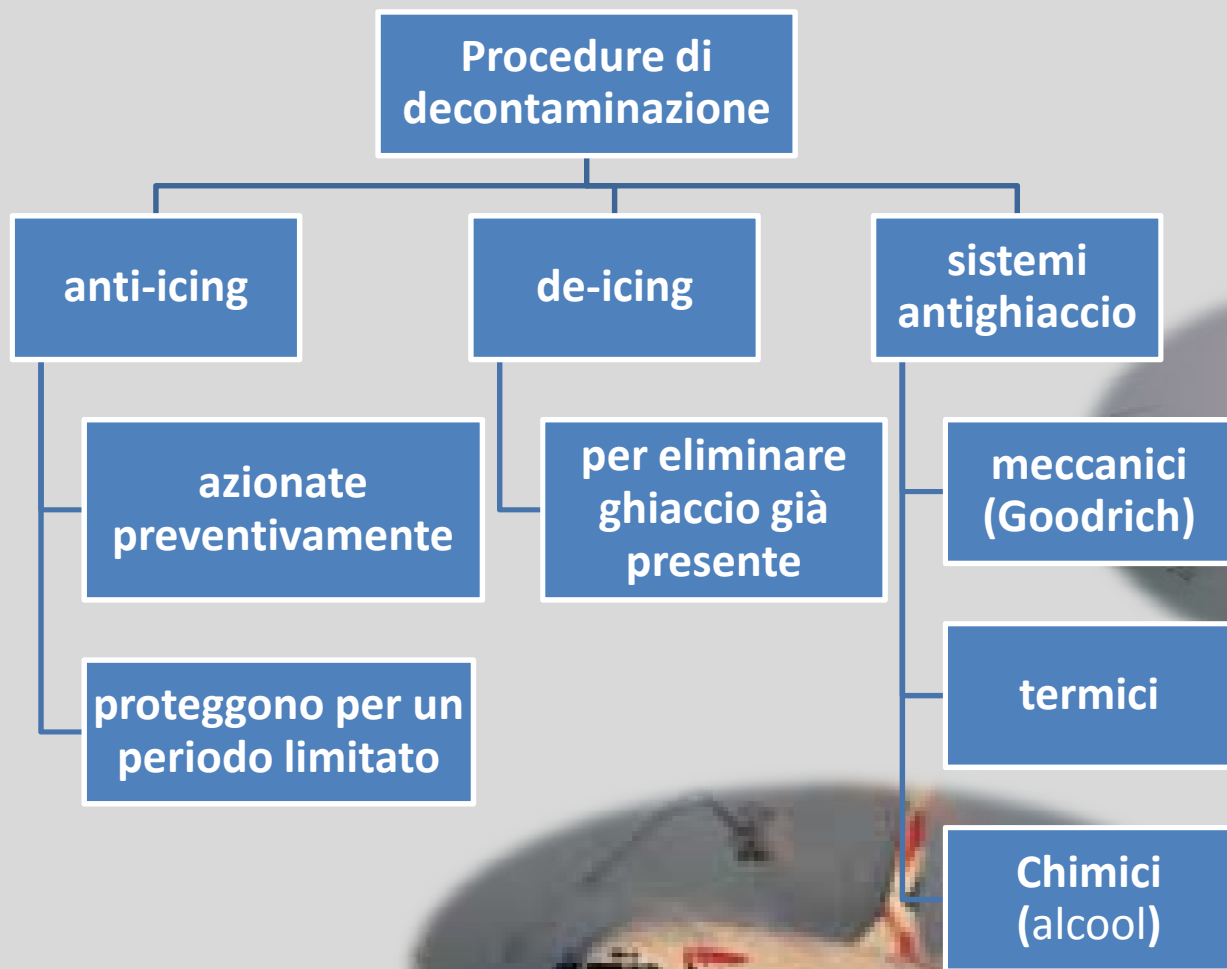
Disturbi a comunicazioni

delle prese d'aria di alimentazione

della presa dinamica

Formazione di ghiaccio

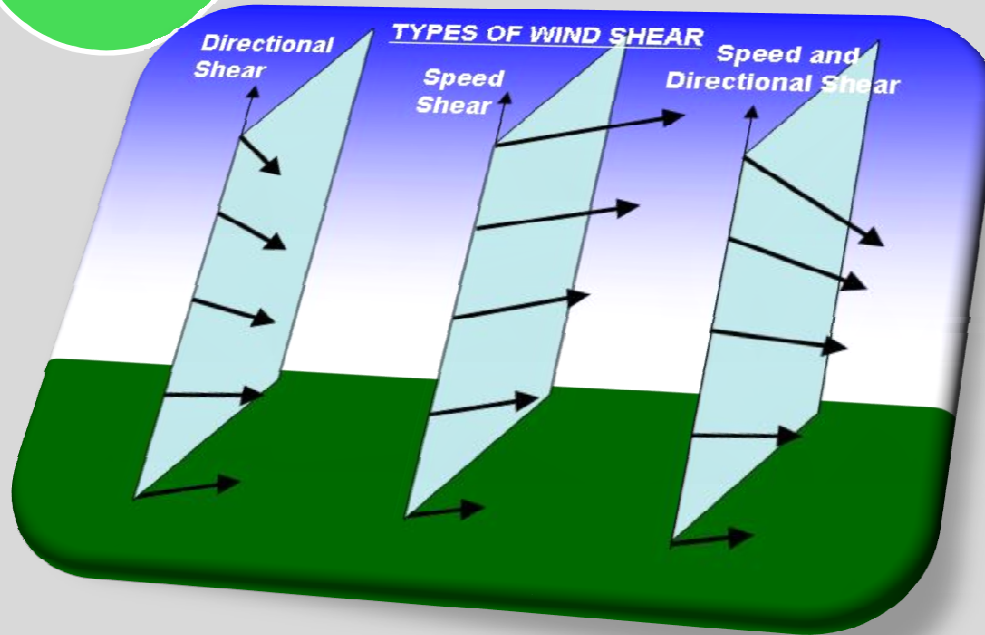
TERMICI: sono i più diffusi sui moderni aerei e funzionano mediante l'aria calda riscaldata dai motori. Vengono anche usati riscaldatori elettrici per i tubi di Pitot e Venturi, per le eliche e i vetri delle cabine.



GOODRICH: rivestimento pneumatico dei bordi d'attacco delle ali e dei piani di governo, che si può gonfiare periodicamente per mezzo di aria compressa.

Wind shear

Wind Shear = (WS)



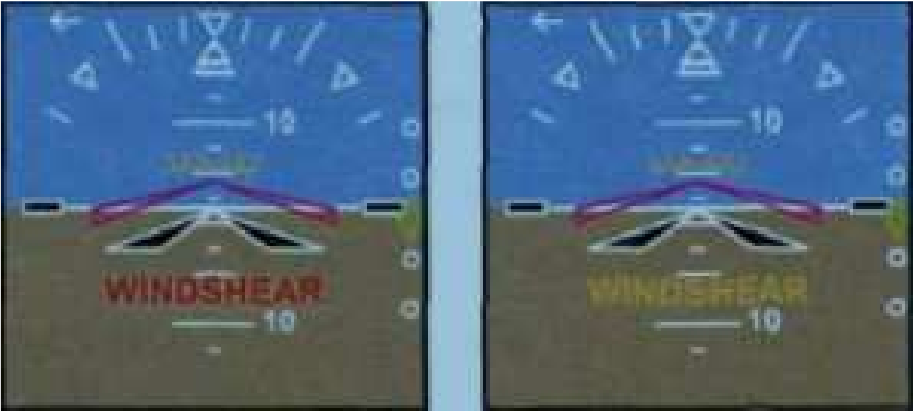
- È un fenomeno improvviso
- Si può presentare a diverse quote nell'atmosfera
- Locale **variazione** del vettore vento o di ognuno dei suoi componenti **in una data direzione**
- Vettore differenza tra due vettori di vento osservati, diviso la distanza che separa i due punti di misura
- Le tipologie pericolose per gli aerei sono il WS orografico e il Microburst (microraffiche)

Wind shear	UNITA' DI MISURA
Verticale	kt/100 ft
Orizzontale	m/s/30 m
In ambito aeronautico	kt/s

CLASSIFICAZIONE	VALORI
LEGGERO (LIGHT)	0-4 kt/s
MODERATO (MODERATE)	5-8 kt/s
FORTE (STRONG)	9-12 kt/s
SEVERO (SEVERE)	>12 kt/s



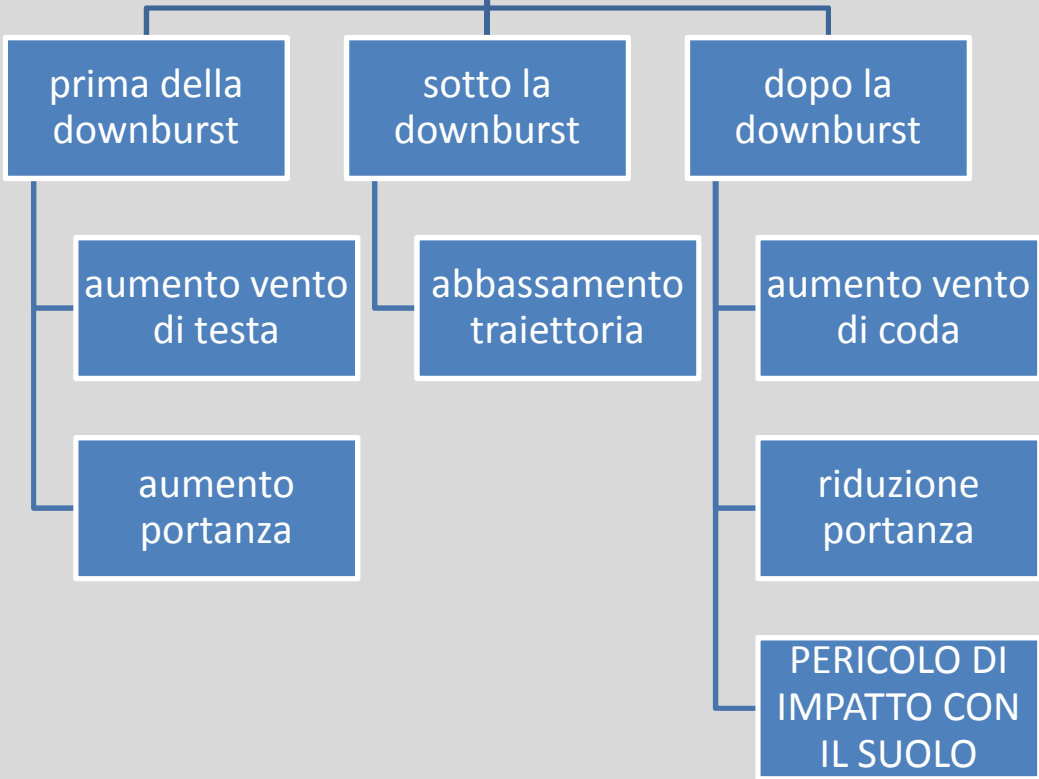
EFFETTI SULL'AEROMOBILE



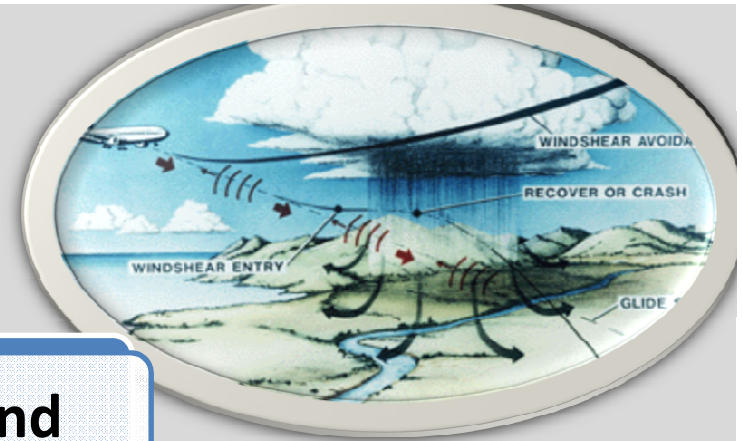
EFFETTI SULL'AEREO



EFFETTI SULL'AEREO



Wind shear



Wind shear

Transitorio

Non transitorio

più pericoloso e con maggiore intensità

minore durata

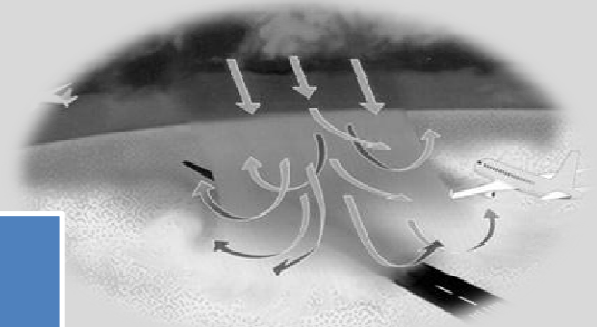
occupa decine di metri

difficile da prevedere e da segnalare

associato a nubi temporalesche o convettive in genere

grande durata

associato a fronti, onde orografiche

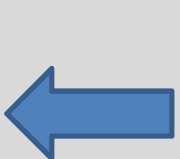


WS E FENOMENI METEO ASSOCIATI

Rotazione oraria del vento

Downburst
Microburst

Elevato per lo strato a contatto con il terreno che decresce con la quota



Fronti



Temporale



Attrito

Inversione termica



Ostacoli orografici

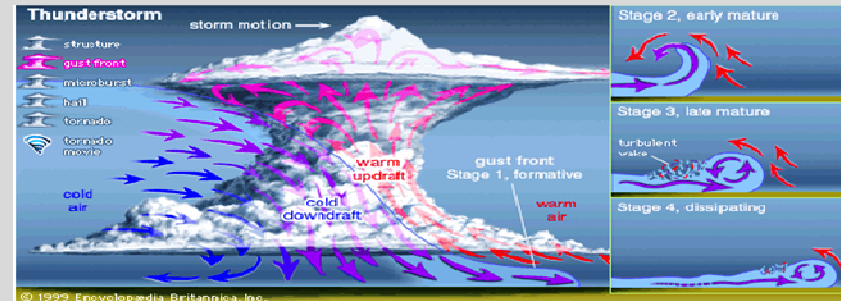


Il vento sopra l'inversione non risente dell'attrito della superficie

Aeroporto di Punta Raisi:
• Nord – mar Tirreno
• Sud- Monte Pecoraio

Wind
shear

TEMPORALE Downburst e Microburst

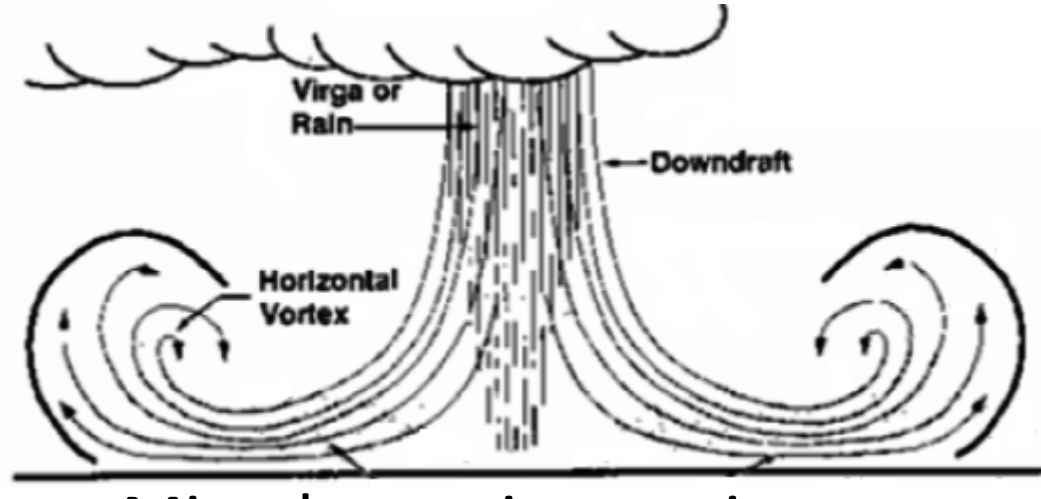


Durante un temporale si creano potenti correnti discendenti –**downburst** – (3-4 NM) che:

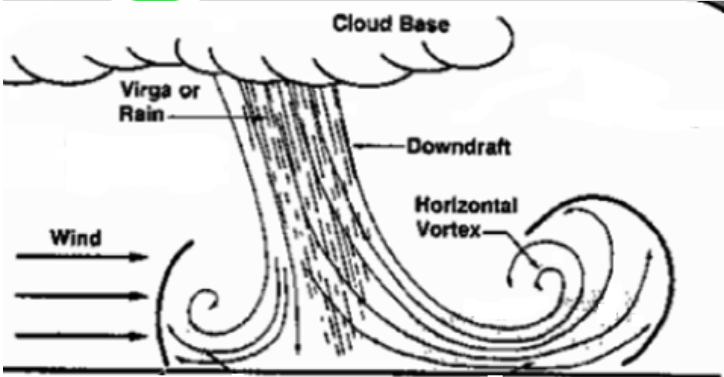
- raggiungono la terra
- si espandono orizzontalmente (fino a 15 NM) formando uno o più vortici ad anello orizzontale attorno al punto di impatto col terreno.

Se l'area interessata ha un diametro inferiore ai 4km si parla di **microburst**

Wind shear

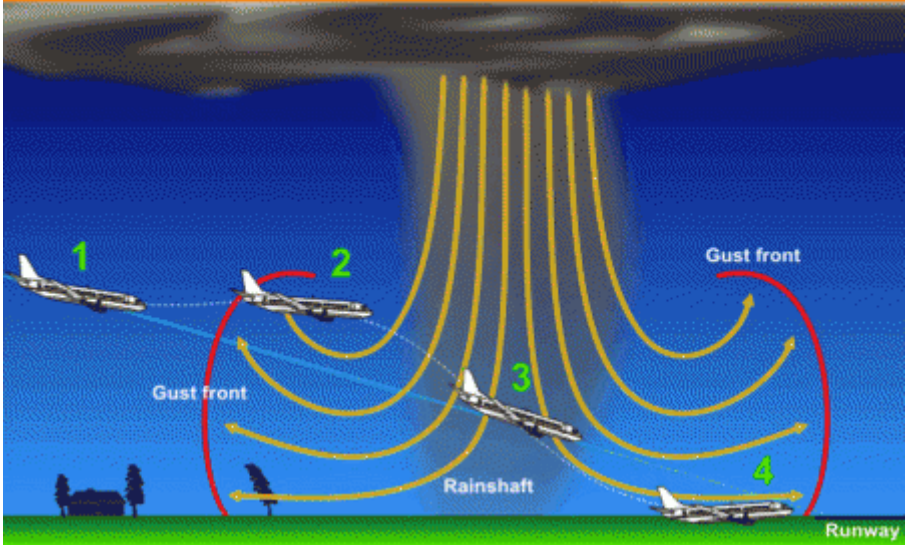


Microburst simmetrico



Microburst asimmetrico

Colonna di downburst e i pericoli connessi al volo



ssa C. Agizza

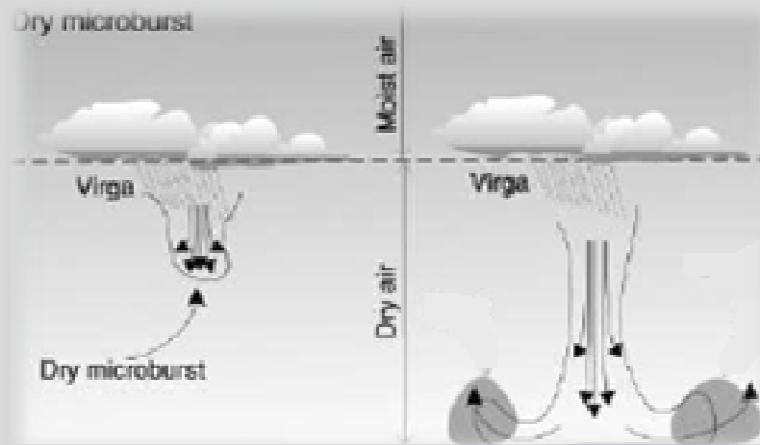


VIRGA

Wind
shear

Precipitazione che evapora prima di raggiungere il suolo.
Origina una Downdraft secca:

- la colonna di aria fredda raggiunge il suolo
- la precipitazione evapora
- si solleva polvere o sabbia se presenti.



WIND SHEAR OROGRAFICO

Wind
shear

Il Wind Shear in Italia (11 siti)



Ogni sito ha le
sue peculiarità !

- Albenga
- Alghero
- Bari
- Catania
- Fiumicino
- Genova
- Malpensa
- Napoli
- Palermo
- Reggio Calabria

In Italia i più colpiti sono **Palermo, Reggio Calabria e Genova**

Wind shear

Palermo Punta Raisi

- Montagne intorno all'aeroporto a sud che creano discendenze notevoli se il vento viene dal settore sud-est-sud-ovest;
- Mare a nord che ha capacità di riscaldamento e raffreddamento differenti dalla terra, creando così moti convettivi anche in giornate con poco vento.



SISTEMI DI RILEVAMENTO



Wind
shear

TDWR

(Terminal Doppler Weather Radar)

Sono in grado, sfruttando l'effetto Doppler, di fornire le seguenti informazioni:

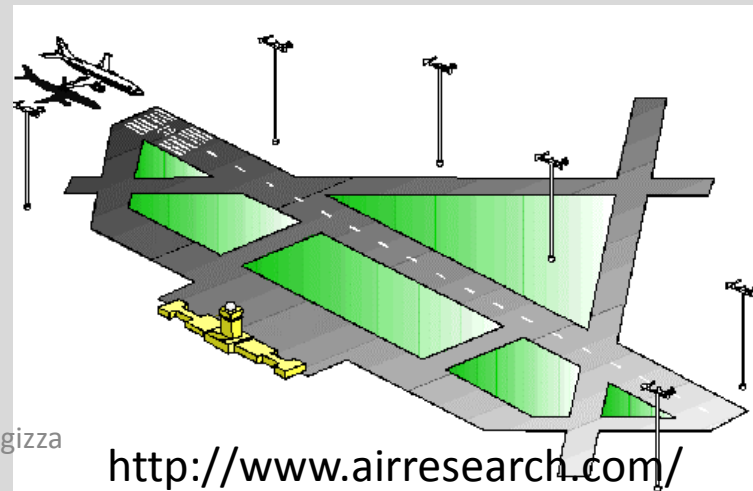
- precipitazioni
- velocità di spostamento del sistema precipitante
- quantità di precipitazione
- tipo di idrometeora

Wind
shear

LLWAS

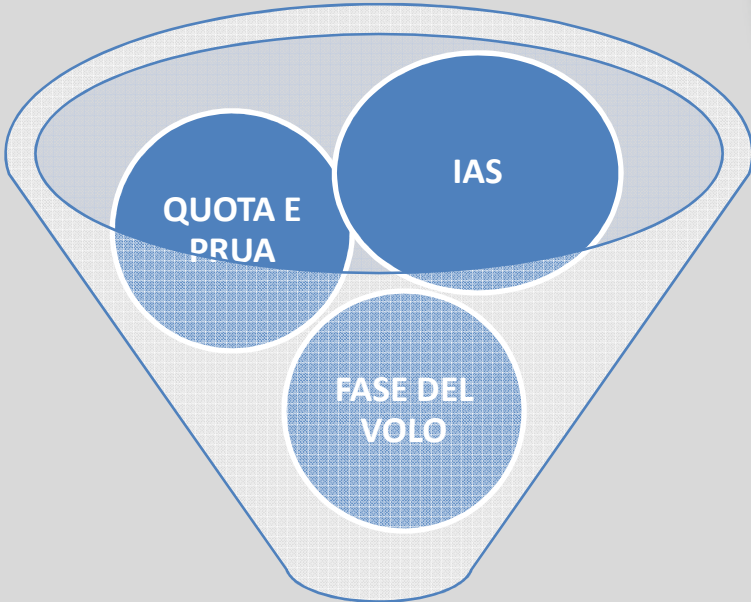
Low Level Wind Shear Alert System

- Capace di analizzare il vento attraverso una rete di sensori (anemometri) e di dare eventuali allarmi
- I sensori sono connessi ad una stazione centrale ricevente, generalmente localizzata presso l'ente di controllo del traffico, che ha il compito di emettere il segnale di allarme direttamente alla cabina di pilotaggio degli aerei



Wind shear

RIPORTI DI PILOTI

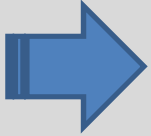


PARAMETRI DEL VENTO



WIND SHEAR

prof.ssa C. Agizza



- LEGGERO (LIGHT)**
- MODERATO (MODERATE)
- FORTE (STRONG)
- SEVERO (SEVERE)

Wind
shear

SAAW

Sistema Anemometrico di Allarme Windshear

- Primo sistema di allarme Europeo



Le 11 stazioni anemometriche dell'attuale SAAW installato a Palermo

Wind
shear

SODAR-RASS

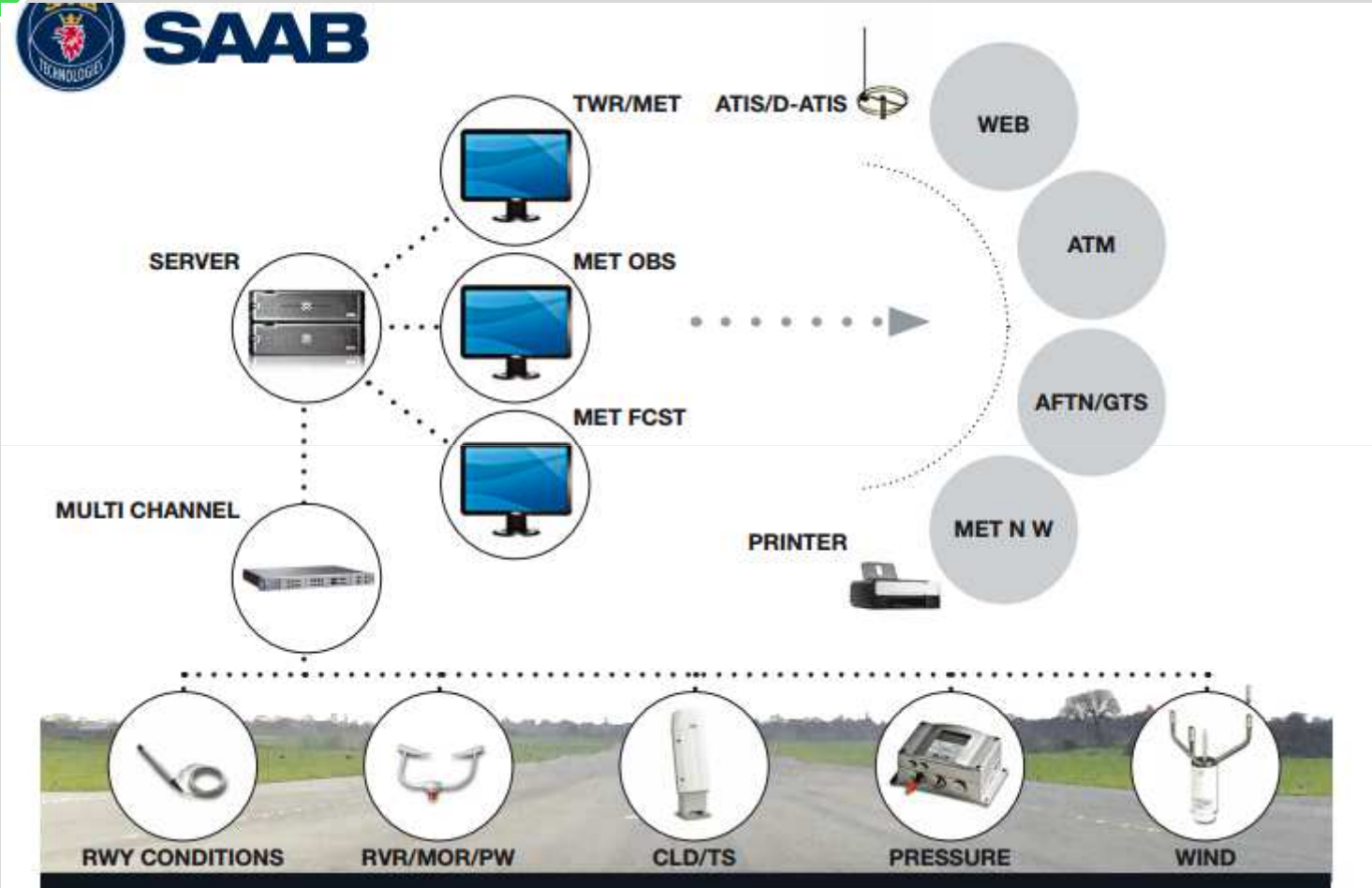
- **SODAR** (SO^Nic Detection And Ranging) – Wind Profiler. Consente di misurare **profili verticali di velocità e direzione del vento** fino ad una quota di 500-600 m
- **RASS** (Radio Acoustic Sounding System) – Profilo di temperatura. Consente di rilevare il **profilo verticale della temperatura** fino ad una quota di 600 m



<http://www.metek.de/>

Wind shear

AWOS



Wind shear

AWOS

FEATURE HIGHLIGHTS

- Multiple runway support
- Integrated ATIS
- Full logging and reporting
- Scalable system solutions
- User-friendly
- Customizable User Interface
- Very reliable system solution

HARDWARE

- Standard PC units or redundant server systems.
- Displays according to operational needs.
- Single or dual Ethernet LAN

DEVELOPMENT & QUALITY ASSURANCE

- Object oriented client/server architecture
- Development according to ESARR 6, ISO 9001-2005 + TickIT , ISO 14001
- HMI designed according to EUROCONTROL standards.

METEOROLOGICAL SENSORS

- Wind speed/direction (also Ultrasonic)
- Barometric Pressure
- Temperature
- Dew Point
- Relative Humidity
- Cloud Height and Sky Condition
- Visibility
- Present Weather
- Density Altitude
- Runway sensors
- Lightning & Thunderstorm Detection

I/O DATA

- AFTN/NATN
- GTS/MOTNE
- LAN/WAN
- ATIS/DATIS/DCL
- CCTV/ITV
- ATC systems (EUROCAT etc)
- Internet/Intranet

SYSTEM MONITORING

- Built-In-Test-Equipment (BITE), monitoring data, weather sensors, etc

ATIS

- A complete and approved ATIS functionality can be delivered either as an integrated software module in the AWOS server, or as a stand alone system with software and hardware.

AWOS VERSIONS

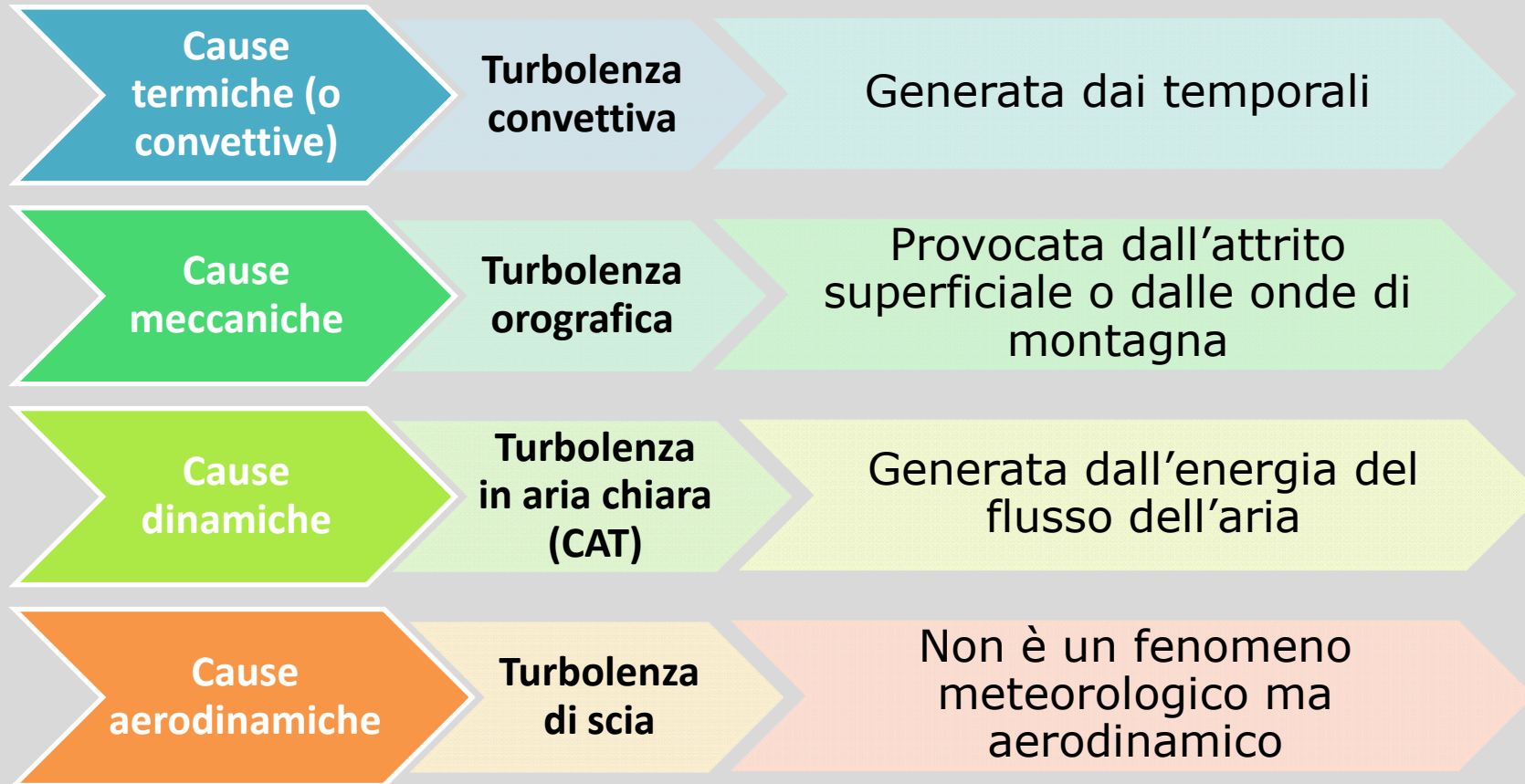
- MET OBS
- MET FCST
- TWR, APP, ATCC
- Simulator

SUPPLEMENTARY PRODUCTS

- ATIS (terminal information)
- METVIEW (ATC display)
- Thunderball (thunderstorm warning)
- FRENSOR
- IRIS (weather + AIS information)

Turbolenza

Deviazione indesiderata dell'aereo dalla propria traiettoria di volo con sobbalzi e scossoni, provocata da wind shear (rapida variazione in direzione e/o intensità del vento)





Turbolenza



Debole

- Momentanee e leggere variazioni irregolari dell'assetto e della quota



Moderata

- Variazioni intense di assetto e quota ma l'aereo rimane sotto controllo



Forte

- Ampie e repentine variazioni di assetto e di quota. L'aereo può risultare momentaneamente incontrollabile



Estrema

- Le sollecitazioni impresse all'aereo lo rendono incontrollabile; si possono inoltre verificare danni alle strutture

Turbolenza

Turbolenza di scia

- E' generata dai vortici controrotanti alle estremità alari (nascono dalla differenza di pressione tra dorso e ventre dell'ala)
- I vortici si allargano con rotazione opposta e
 - raggiungono diametri dell' ordine di grandezza dell'apertura alare
 - Quando l'aereo è in moto, i vortici sono distesi all'indietro (vengono detti trecce di Berenice)



- Dipende dal peso dell'aereo, dalla velocità, dalla forma e dall'assetto dell'ala. Compromette la manovrabilità dell'aereo che incontra la turbolenza di scia specie se ha dimensioni inferiori all'aereo generante

Anche gli elicotteri generano turbolenza di scia



Temporali

E'una perturbazione locale caratterizzata da:

- nubi del tipo cumulonembo
- breve durata (1-3 ore)
- fenomeni elettrici (lampi e tuoni)
- forti raffiche di vento
- violenti correnti verticali
- rovesci di pioggia
- grandine

CUMULONEMBO (CB)

Temporali

- E' una nube a **sviluppo verticale** che si sviluppa in condizioni di instabilità atmosferica
- Vista a distanza si presenta come una **torre** che dalla **base piatta, non molto alta dal suolo** (mediamente intorno ai 2000 metri alle nostre latitudini) si erge per alcuni chilometri, sino ad arrivare **al limite della troposfera**



Bisogna evitare di volare nei temporali !!

Temporali

PERICOLI

WIND SHEAR

TURBOLENZA

PRECIPITAZIONI

ICING

FENOMENI
ELETTRICI

FULMINI

VARIAZIONI DI
PRESSIONE

ERRORI DI ALTITUDINE

FUNNEL
CLOUDS

TROMBA MARINA

TROMBA D'ARIA

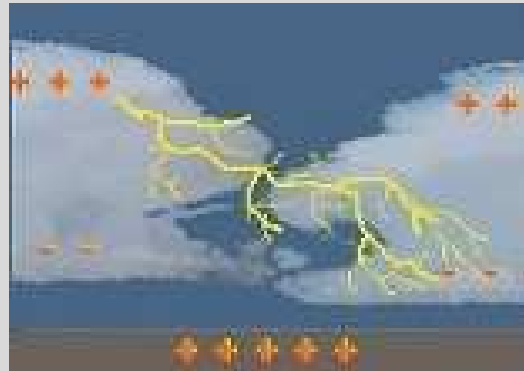
TORNADO (elevata intensità)

Nube a forma di cono, composta da gocce di acqua
E con una notevole velocità di rotazione del vento

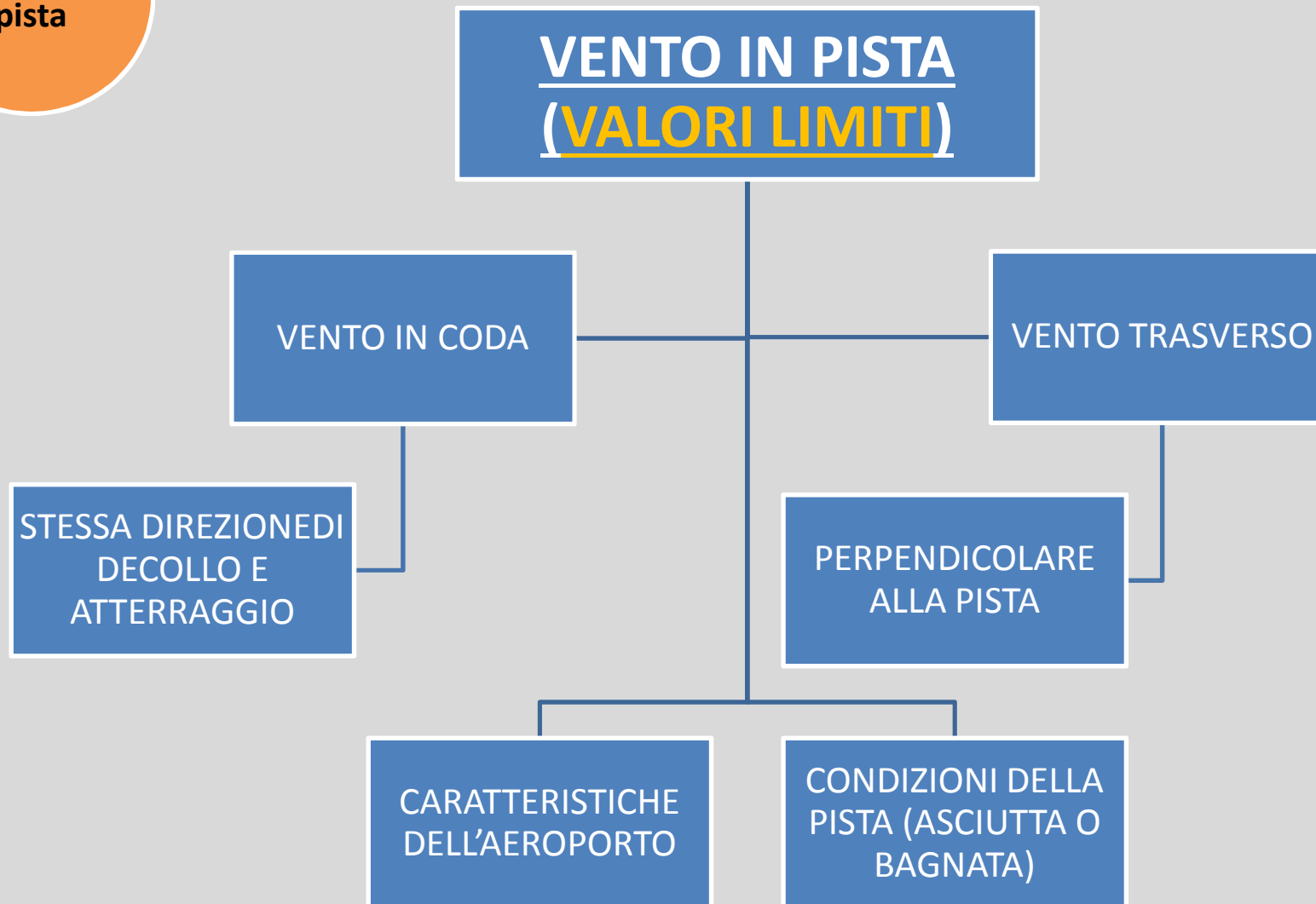
FULMINI

Temporali

1. Fulmine nube-terra
2. Fulmine nube-nube (internube)
3. Fulmine intranube



Vento in pista



Bibliografia / Sitografia

- Manuale di meteorologia per la navigazione aerea – ENAV
- Meteorologia aeronautica – Colella – IBN EDITORE
- Elementi di meteorologia – Eichenberger – Meteo Mursia
- <http://meteolive.leonardo.it/>
- <http://www.arpa.piemonte.it/>
- <http://www.touringmachine.com/Articles/weather/115/>
- <http://www.enav.it/>