

M II/1 Námraza

Icing, QFT

Námraza - QFT

- Je druhom atmosférických zrážok
- Patrí k najnebezpečnejším poveternostným javom
- **Negatívne vplyvy:**
 - Zhoršenie aerodynamickej jemnosti krídel a vrtulí
 - Zvýšenie hmotnosti, posun ťažiska
 - Blokovanie kormidiel, antén, snímačov
 - Zamrzanie karburátorov piestových motorov
 - Poškodenie lopatiek turbínových motorov

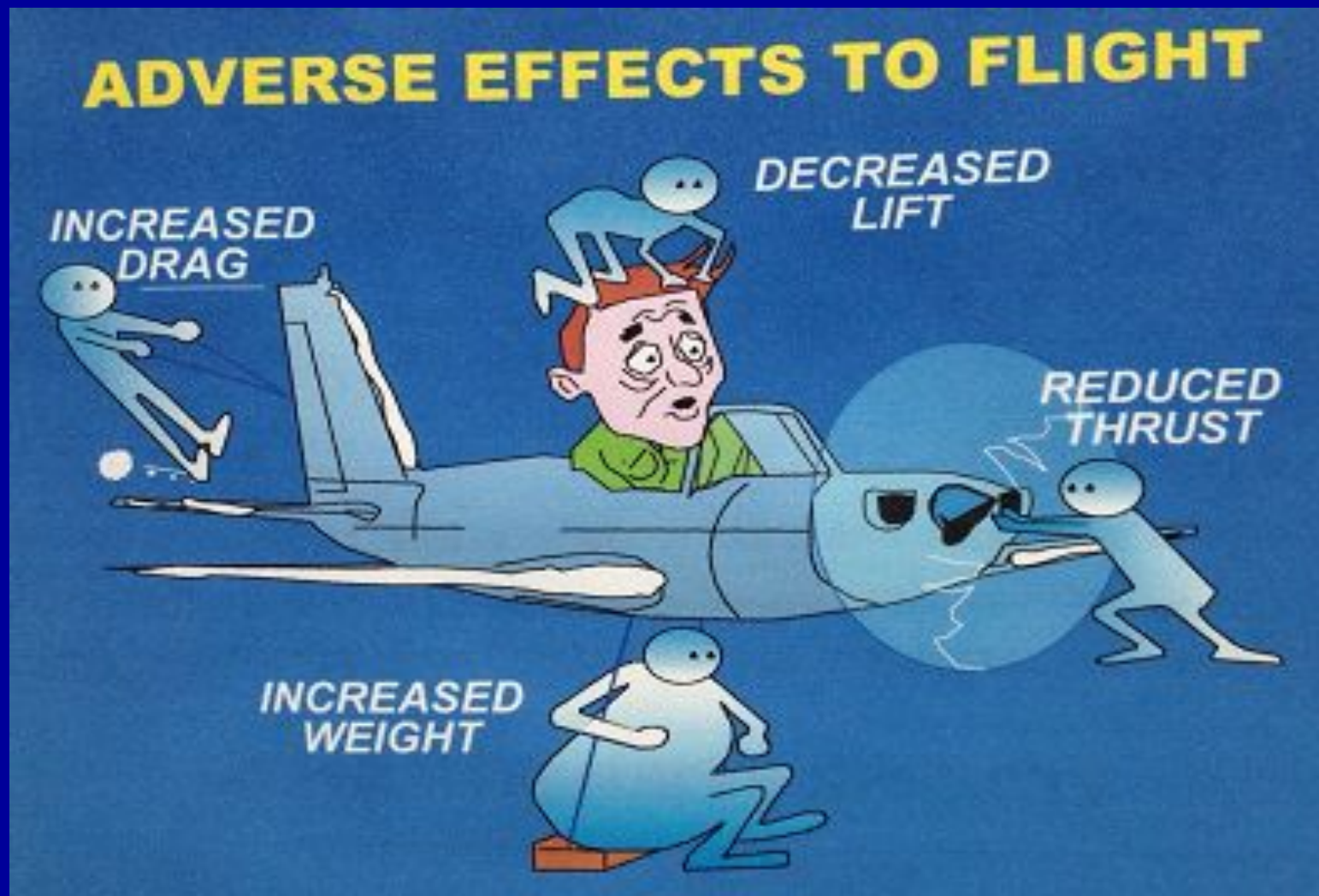
QFT - riziká

- Pád po krídle – veľká tiaž a nedostatok výkonu
- Pád po hlave – strata vztlaku na VCHP a prechod do strmého klesania
- Strata ovládateľnosti pri námraze na kormidlách
- Strata priestorovej orientácie pre chybné údaje tlakových alebo rádiatechnických prístrojov

QFT - riziká

- Poškodenie motora, vrtulí a trupu úlomkami ľadu
- Námraza je príčinou cca 12% nehôd spôsobených poveternostnými javmi (v r.1990-2000 v USA 288)
- Už námraza hrúbky 2 mm zvyšuje odpor o cca 40% a znižuje vztlak o 30%

QFT - riziká



QFT – podmienky vzniku

– Meteorologické

- Prechladené vodné kvapky
- Rozdelenie veľkosti častíc – koloidálna nestabilita
- Teplota a vlhkosť vzduchovej hmoty, vodnosť mrakov

QFT – podmienky vzniku

– Aerodynamické

- Teplota povrchu lietadla
- Rýchlosť letu
- Polomer zakrivenia nábežných hrán

QFT - Mechanizmus tvorby

- Malé kvapôčky mrznú okamžite po dopade na povrch
- Veľké kvapky sa najprv rozlejú a potom mrznú
- Tvorí sa rýchlejšie na ostrejších nábežných hranách
- Do rýchlosti 500 km/h intenzita narastá, nad 500 km/h intenzita klesá – kinetický ohrev
 $\Delta T = v^2 / 2000$ (m/s; K)

QFT - intenzita

- do 0,6 mm/min. - slabá
- 0,6 – 1,0 mm/min. - mierna
- 1,0 - 2,0 mm/min. – silná
- nad 2,0 mm/min. – veľmi silná

QFT intensita

	NIL
	Trace
	Trace-Light
	Light
	Light-Moderate
	Moderate
	Moderate-Severe
	Severe

QFT delenie

- **podľa mechanizmu vzniku**
 - Inovät' (**TRACE**) – vzniká depozíciou, najčastejšie na zemi, alebo pri rýchlom vletení (klesaní) do teplého vlhkého vzduchu
 - Zrnitá námraza (**RIME**) – nepriehľadný ľad, vzniká okamžitým mrznutím malých kvapôčiek, spravidla na nábežných hranách, pri $t = -10$ až -20°C

Zrnitá námraza na modele vrtuľníkového rotora



QFT delenie

- Ľadovka (**CLEAR**) – priehľadný ľad, vzniká rozliatím a mrznutím veľkých kvapiek, pri $t = 0$ až -10°C
- **Zložená námraza** (**Mixed Ice**) – vzniká kombináciu podmienok pre zrnitú námrazu a ľadovku napríklad pri prelietavaní oblastí s rôznymi meteorologickými podmienkami

Ľadovka – priesvitný ľad



QFT

- **podľa tvaru**

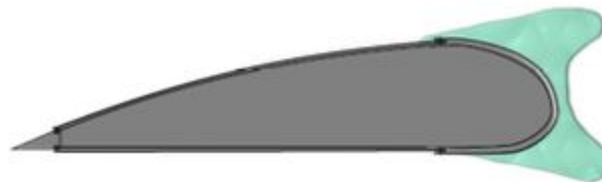
- Profilová námraza – narastá na nábežných hranách smerom dopredu, neohrozuje aerodynamické kvality profilu
- Žliabková námraza – narastá na hornej aj dolnej časti profilu tesne za nábežnou hranou
- Beztvará námraza
- Priesvitná námraza

QFT podľa tvaru

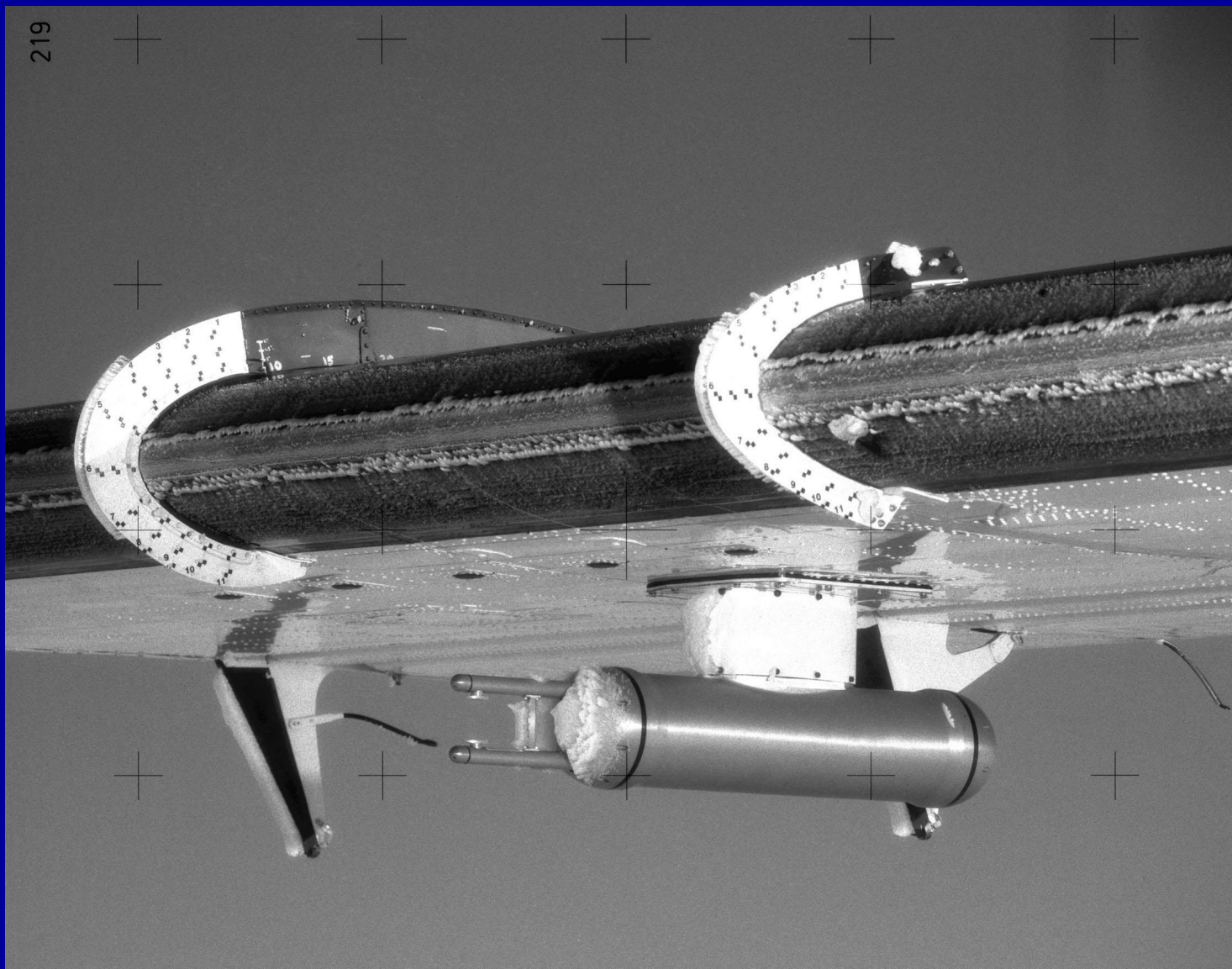
FIGURE 3-1. CLEAR ICE



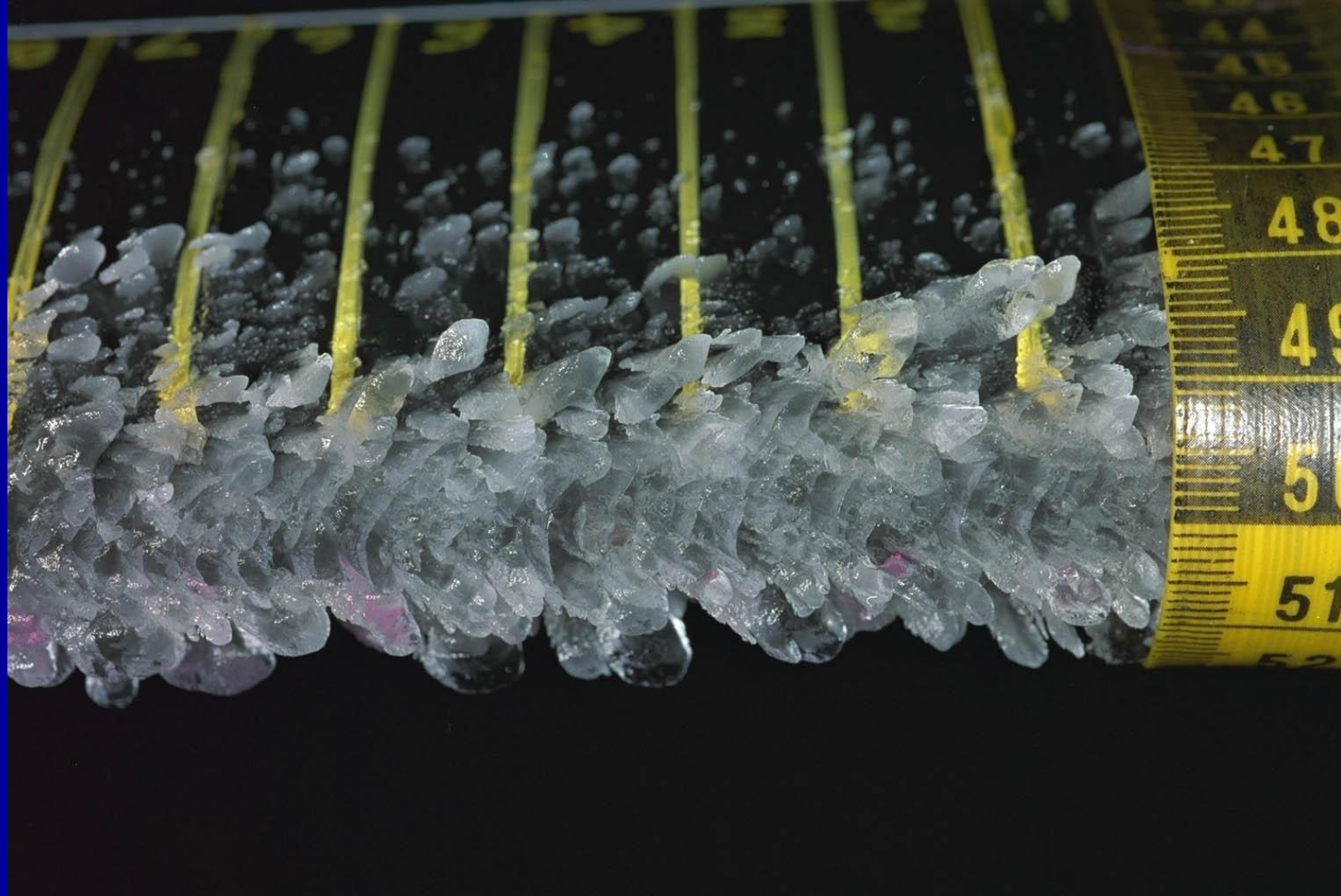
FIGURE 3-2. CLEAR ICE BUILDUP WITH HORNS



Zrnitá námraza žliabková



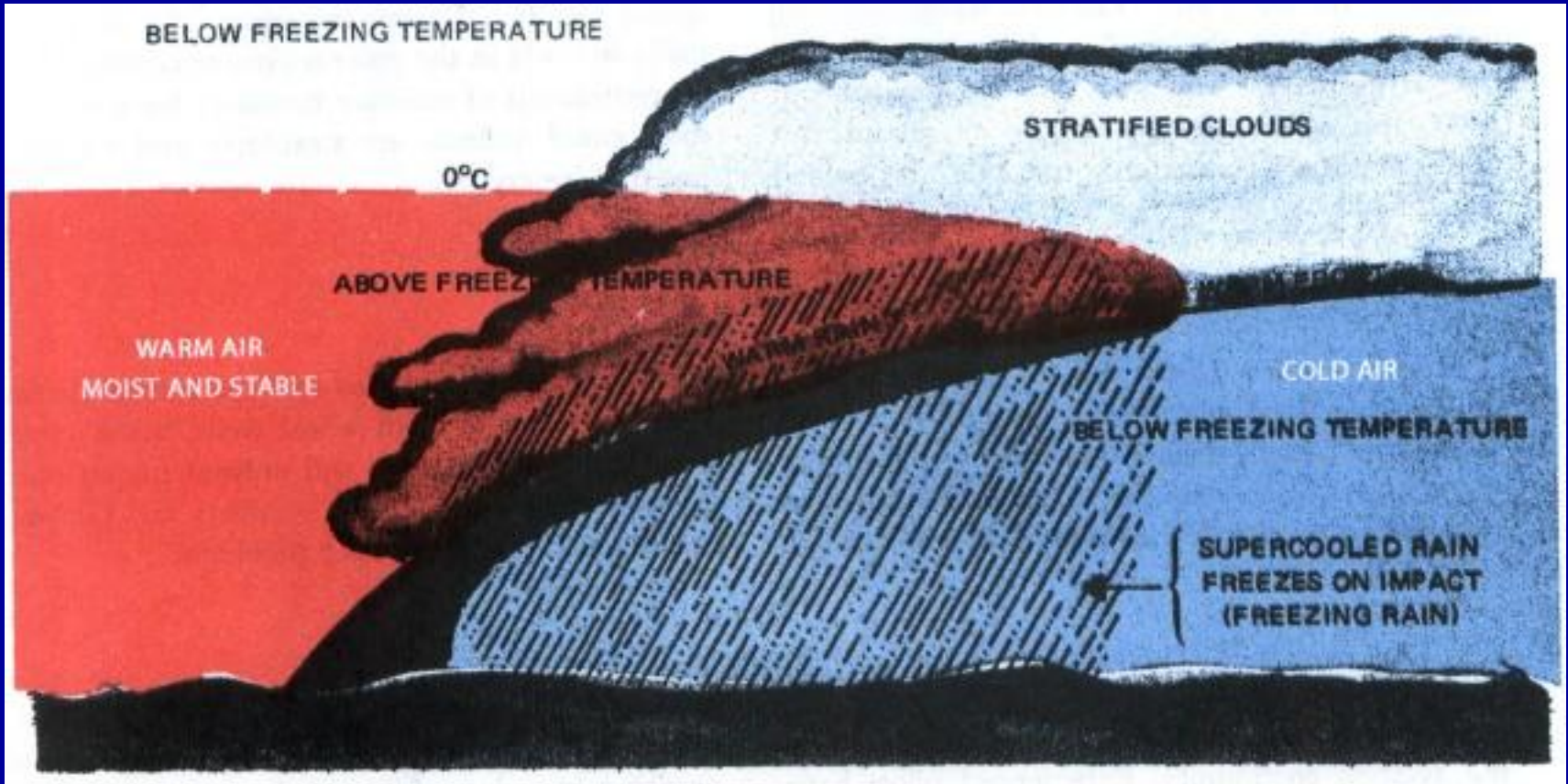
Zrnitá námraza – žliabková na modele vrtuľníkového rotora



QFT - výskyt

- **Vrstevnatá oblačnosť – teplá fronta**
 - Veľké množstvo prechladených kvapiek v mrakoch typu Ns, As, zvlášť v zimných mesiacoch
 - Teplota medzi 0°C až –10°C
 - Silná ľadovka sa vyskytuje medzi 0°C izotermami teplého a studeného vzduchu
 - Veľký horizontálny rozsah oblasti s námrazou
 - Spravidla zrnitá a kombinovaná (zrnitá + ľadovka) námraza

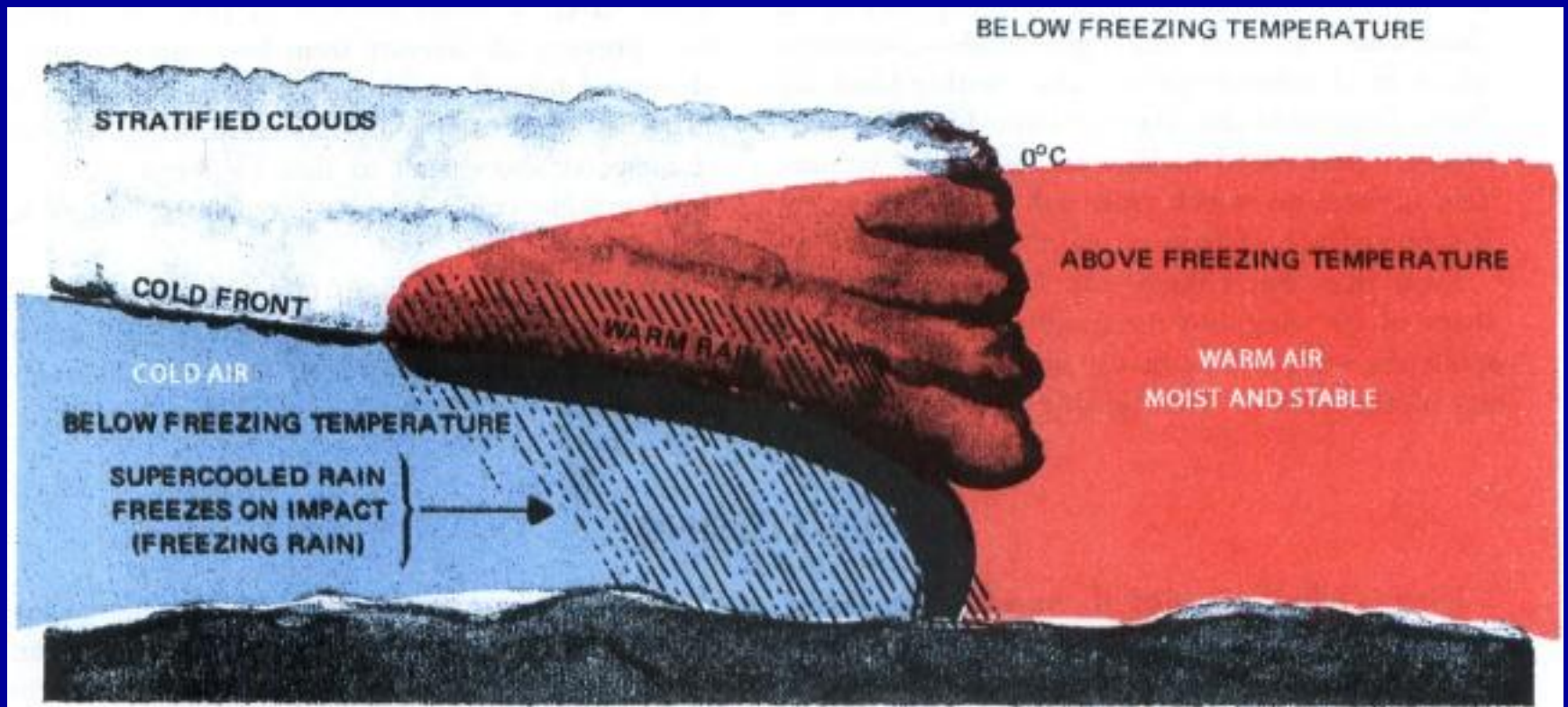
QFT – teplý front



QFT - výskyt

- **Kopovitá oblačnosť, studený front**
 - Vertikálny rozsah medzi 0°C až – 20°C izotermou – rádovo km
 - Horizontálny rozsah podstatne menší
 - Intenzita môže byť silná až veľmi silná
 - Spravidla zrnitá a kombinovaná námraza
 - Námraza sa vyskytuje aj v oblasti vpadávania zrážok

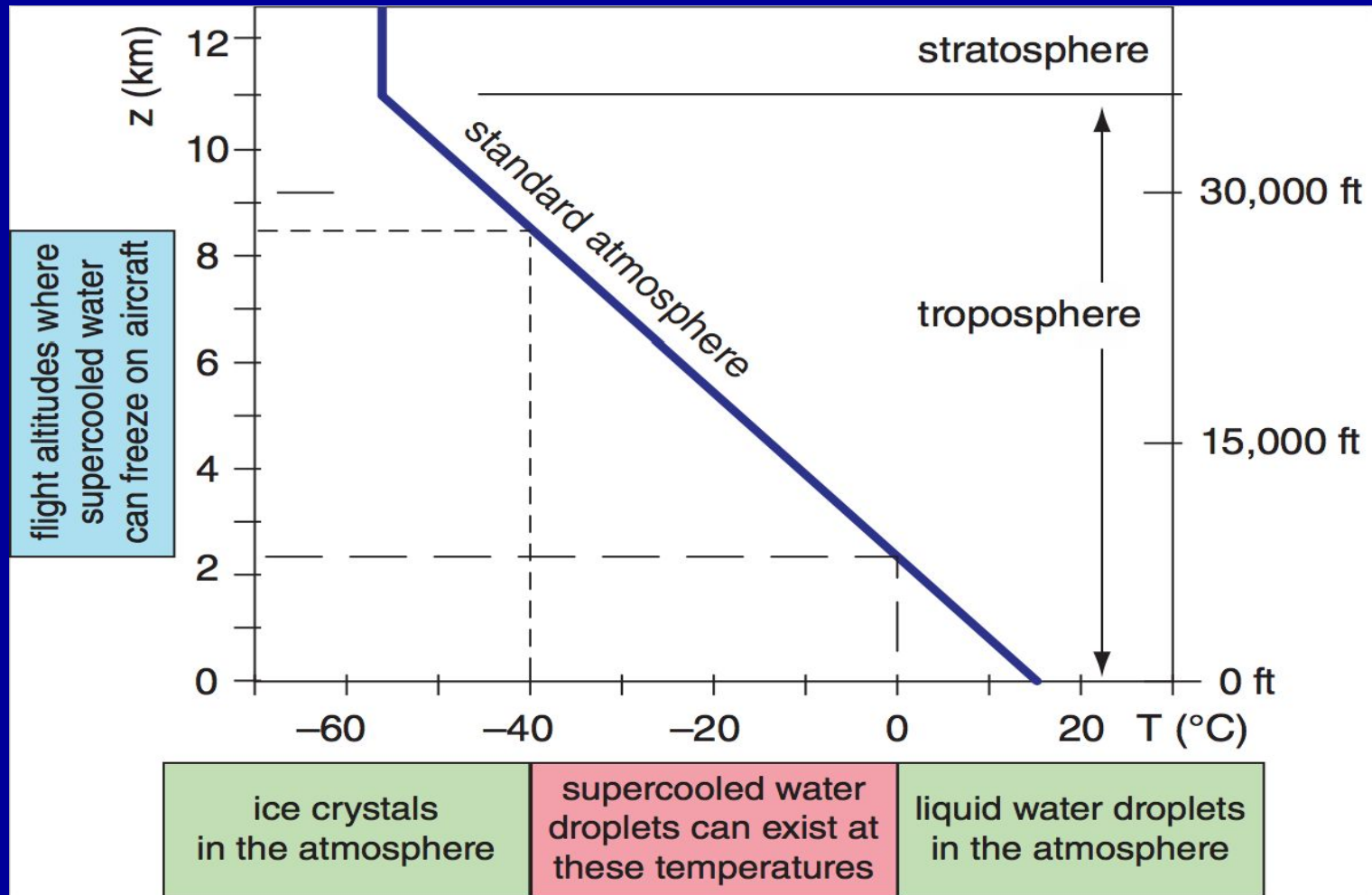
QFT – studený front



QFT - výskyt

- **Veľké výšky, tropopauza**
 - Zriedkavá v mrakoch Ci, Cs a v kovadline Cb
 - Môže sa tvoriť aj mimo oblakov pri vlietnutí chladného lietadla do vlhkejšej vzduchovej hmoty napr. pri prelete TF
 - Spravidla inoväť na celom povrchu, nábežné hrany sú pritom bez námrazy vďaka kinetickému ohrevu
 - V stratosfére sa prakticky nevyskytuje

QFT - výskyt



QFT vplyv na let

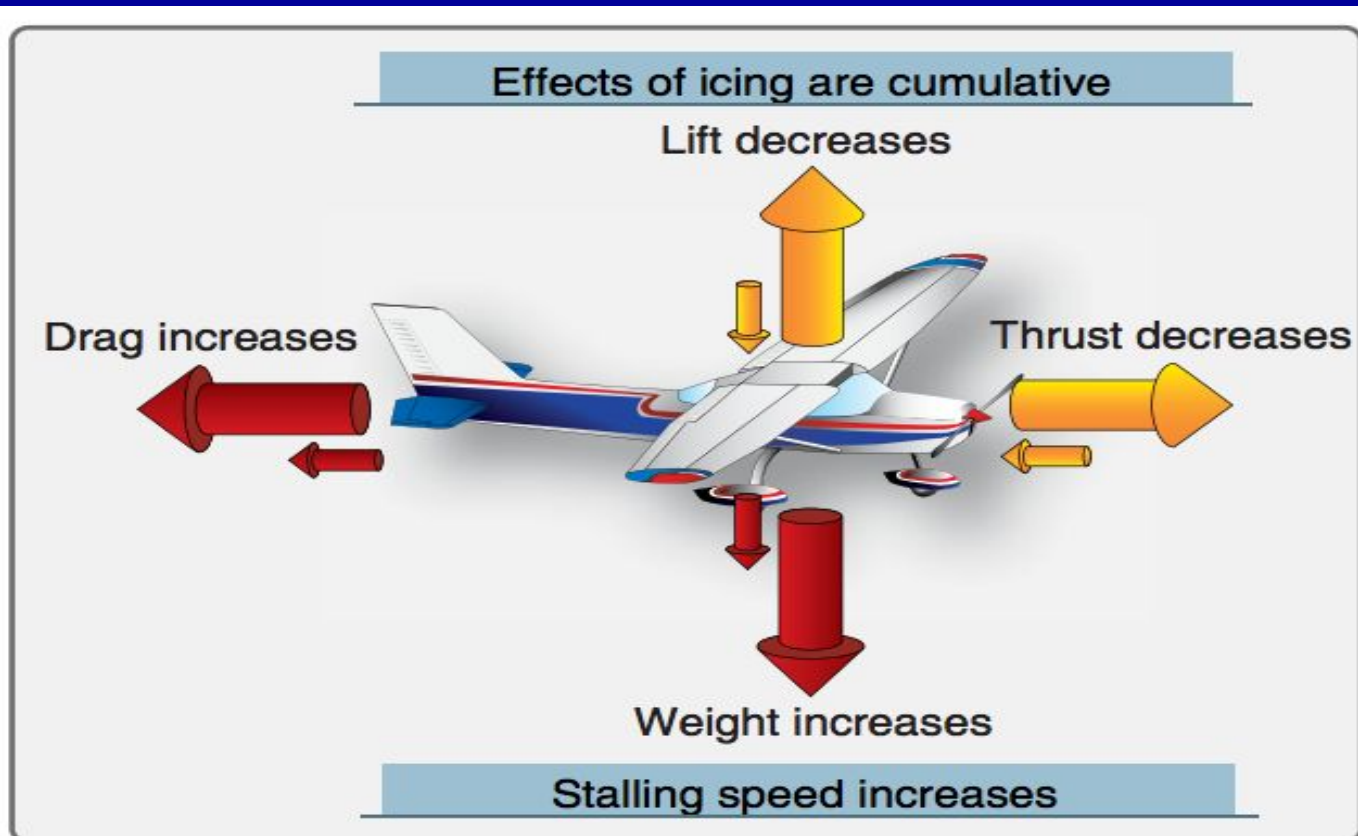


Figure 15-2. *Effects of structural icing.*

QFT – časti lietadla

- Na povrchu častí lietadla so zápornou teplotou, nábežné hrany, trup
- Vstupné ústrojenstvo
- Aerodynamické kryty, lopatky kompresora
- Filtre, spätné ventily, súčasti palivového systému
- Antény, pitotove trubice

Protinámrazové vybavenie

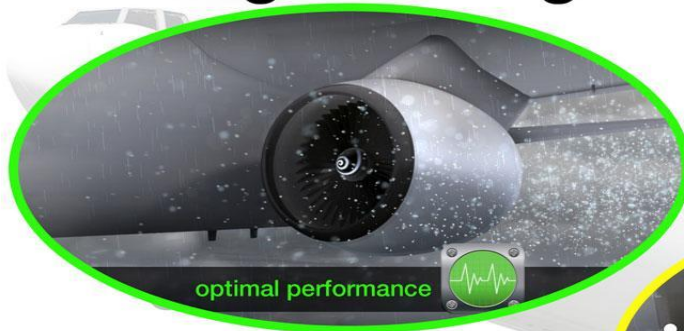
- **Predchádzanie námraze - antiicing**
 - Plánovanie letu
 - Indikátory námrazy
 - Mechanické
 - Elektronické - izotopové
 - Protinámrazové kvapaliny - na zemi pred vzletom
 - Vyhrievanie kritických častí lietadla – Pitotstatický systém, karburátor, listy vrtulí, čelné sklá
- **Odstraňovanie vzniknutej námrazy - deicing**
 - Mechanické – nafukovacie nábežné hrany
 - Chemické – rozstrekovanie alebo „potenie“ kvapalín
 - Tepelné – vyhrievanie kritických častí

Silná žliabková námraza



JEI - nový fenomén v oblasti tvorby námrazy v prúdových motoroch

The Phenomenon of Jet Engine Icing



- 1 The belief is that jet engine icing can occur during flights into cold, high-altitude storm clouds holding massive quantities of small ice crystals. These conditions are not currently detectable on pilot radar. Ice crystals are drawn into the engine inlet where some are ingested with air that flows through the compressor and engine core; the rest are ejected with the air that bypasses the core.

- 2 As core flow is compressed, the air temperature rises and internal engine components warm above the ambient temperatures. Some ice crystals impact those components, forming a thin film of liquid water that captures additional ice crystals. This accumulation reduces the engine component temperatures so that ice can form.

- 3 At some point, ice breaks off from the components, which causes the engine to surge, stall, flame out or experience other malfunctions.

Researchers are exploring the theory that flight into certain kinds of storm clouds might cause ice to build up inside the core of an airplane's jet engine. Since 1988 there have been 153 engine power loss events* on a variety of airplane and engine types attributed to engine icing. A power loss event is a surge, stall, rollback or flameout of one or more engines. Events have occurred up to 41,000 feet and in different regions of the world. The majority occurred in descent and cruise. A multi-national research effort is now underway to identify exactly what causes this phenomenon and how to prevent it.

* Events reported through January 2010, FAA.



Graphic: NASA

Model pre námrazové testy







Otázky?

Užitečné linky:

<http://icebox.grc.nasa.gov>

www.aopa.org/asf/publications/sa11.pdf

https://youtu.be/GQSxjHt_NOU

<https://youtu.be/eb2ll9uA9So>