

Okan Üniversitesi MYO

MUTK225

UÇAK YAPI VE SİSTEMLERİNE GİRİŞ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

Ders **15**

Uçak Yapı ve Sistemlerine Giriş

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

Ders Konu Başlıkları

- ATA 100 Numaralandırma Sistemi / Bölge ve İstasyon Tanımlama / Gövde İstasyonları (Ders01)
- Mukavemet / Uçak Yapı Detayları / Gerilme Türleri / Yorulma (Ders02)
- Gövde Yapıları (Monokok, Yarı monokok) / Uçak Gövdesi Yapısal Sınıflandırma (Primer Yapı, Sekonder Yapı) Gövde Yapısal Elemanları: Stringer, Longeron, Spar, Bulkhead (Basınç Duvarı), Frame (Çerçeve), Former (Çerçeve), Doubler (Takviye), Gövde Yüzeyi (Skin), Döşeme Yapıları (Floor Beam), Omurga (Keel Beam) / Yarı Monokok Gövde Yapıları: Burun Bölümü (Nose Section), Orta Bölüm (Center Section), Kuyruk Bölümü (Tail, Empennage Section) (ATA 53) (Ders03)
- Bağlama Elemanları: Perçin, Saplama, Somun, Cıvata, Vida / Emniyetli Bağlantı Uygulamaları: Emniyet Teli (Safety Wiring), Kopilya (Cotter Pin), Kilitli Pullar (Lock Washers), Tab Pulları, Yay (Spring), Özel Kendinden Kilitli Somunlar (Self-locking Nuts) / Birleştirme Teknikleri: Kaynak (Welding), Sert Lehim (Brazing), Yapıştırma (Adhesive Bonding) (Ders04)
- Uçak Kanat Yapıları / Ana ve Yardımcı Kumanda Yüzeyleri (ATA 57) (Ders05)
- Motor Yerleri ve Pilonlar / Motor (Genel) (ATA 54 / ATA 71) (Ders06)
- Bostikleme (Sealing) / Yüzey (Skin) Koruma Yöntemleri (ATA 51/52/53/56) (Ders07)
- Kapılar ve Acil Durum Çıkışları (Yolcu/ Ekip Kapıları, Acil Çıkış Kapıları, Kargo Kompartıman Kapıları, Erişim Kapıları, Servis Kapıları, Sabit İç Kapılar)/ Kapı Uyarı Sistemi (ATA 52) (Ders08)
- Pencere (Windows): Kokpit Pencere (Pilot Windows), Yolcu Kabini Pencere (Passenger Cabin Windows), Gözetleme ve Kontrol Camları, Acil Çıkış Pencere (Emergency Exit Windows), Kapı Pencere (Door Windows) (ATA 56) (Ders09)
- İniş Takımları (ATA 32) • Yapıları, şok emme (shock absorbing); • Açılma ve toplanma sistemleri: normal ve acil durumlar; • Endikasyon ve ikaz; • Tekerlekler, frenler, 'antiskid' ve oto-frenleme • Lastikler; • Yer direksiyon (steering) • Air-ground Sensing (Ders10)

Ders Konu Başlıkları

- Kabin Sistemleri (Kokpit ve Yolcu Kabini) / Kargo Bölümleri (Ön ve Arka Kargo, Bulk (Yığma) Kargo)/ Palet Yükleme Sistemi (ATA 25 / ATA 44 / ATA 50) (Ders11)
- Su - Atık Su Sistemi (ATA 38) • Su sistem düzeni, besleme, dağıtım, ikmal ve boşaltma; • Tuvalet sistem düzeni, yıkama/boşaltma, ikmal • Korozyonla ilgili hususlar (Ders12)
- Güç Sistemleri / Hidrolik Güç (ATA 29) • Sistem donanımı; • Hidrolik sıvılar; • Hidrolik rezervuarlar ve akümülatörler; • Basınç kumandası; • Güç dağıtımı; • Gösterge ve ikaz sistemleri; • Diğer sistemlerle ilişkiler. / Pnömatik-Vakum (ATA 36) • Sistem düzeni; • Kaynaklar: motor/APU, kompresörler, rezervuarlar, yer ikmal; • Basınç kontrol; • Dağıtım / Elektrik Sistemi (ATA 24) / APU (ATA 49) (Ders13)
- İklimlendirme (Air Conditioning) ve Kabin Basınçlandırma (ATA 21) Hava girişi • Hava giriş kaynakları, motordan hava temini, APU ve yer (ikmal) arabası; Air Conditioning • Air Conditioning sistemleri; • Hava çevirimi ve buhar çevirimi makinaları; • Dağıtım sistemleri; • Basınçlandırma sistemleri; • Kumanda (control) ve göstergeler; • Kabin basınç ayar kumandaları (Ders14)
- Oksijen (ATA 35) • Sistem düzeni: kokpit, kabin; • Kaynaklar, depolama, yükleme ve dağıtım; • İkmal ayar; (Ders14)
- Buz ve Yağıştan Korunma (ATA 30) • Buz oluşumu, sınıfları ve belirlenmeleri; • Buzlanmayı önleyen sistemler: elektrik, sıcak hava ve kimyasal; • Buz çözücü sistemler: elektrik, pnömatik ve kimyasal; • Yağmur silecek ve temizleme; • 'Probe'ların ve 'drain' yerlerinin ısıtılması (Ders15)
- Yakıt Sistemleri (ATA 28) • Sistem donanımı; • Yakıt tankları; • Besleme sistemleri; • Boşaltma, havalandırma ve tahliye etme; • Çapraz besleme ve aktarma (transfer); • Göstergeler ve ikazlar (Ders16)
- Yangın Koruma (ATA 26) • Yangın ve duman yakalama ve ikaz sistemleri; • Yangın söndürme sistemleri; • Taşınabilir yangın tüpleri (Ders17)

MUTK225 – Uçak Yapı ve Sistemlerine Giriş

Buz ve Yağıştan Korunma

Ice and Rain Protection

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- *(Ice and Rain Protection System)*

(ATA 30) Modul 11.12

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (*ATA 30*)

Modul 11.12

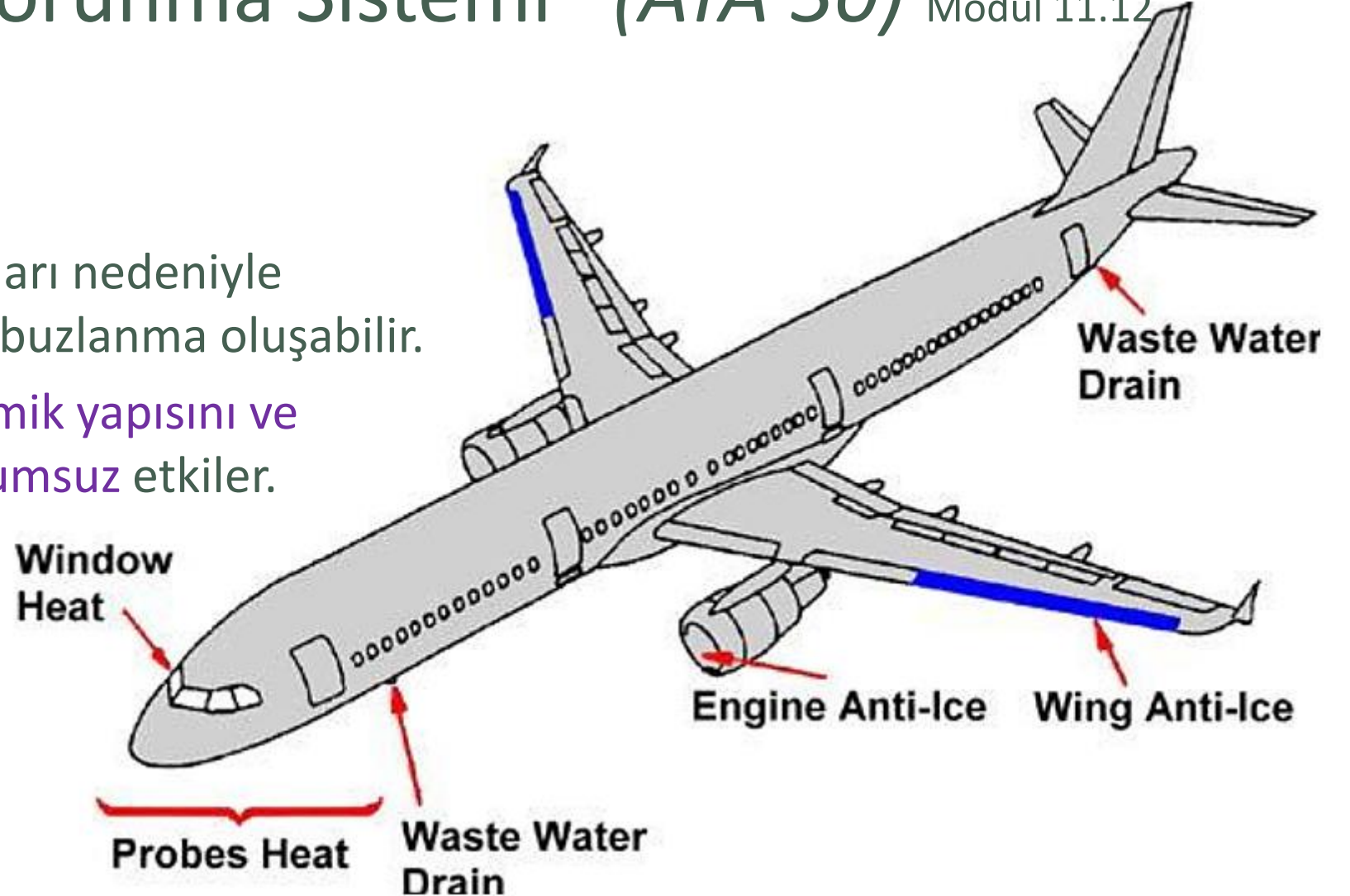
- *Ice and Rain Protection System*

Buz ve yağmur koruma sistemi, ağır hava koşullarında uçağı korur ve uçuş ekibine yardımcı olur. Buz ve yağmurdan koruma sistemi; kanat hücum kenarı slatları, motor kaportaları, uçuş kompartımanı pencereleri, pitot/static ve sıcaklık sondaları, alpha vanes (rüzgâr hücum açısı sensör kanatçıkları), tuvalet boşaltıcıları ve boşaltım çubukları için gerekli koruma sağlar.

Kanat hücum kenarlarında bulunan “slat”ların ve motor kaportalarının ısıtılması işlemi, pnömatik sisteminden elde edilen sıcak hava ile yapılır. Uçuş kompartımanı pencereleri, elektriksel olarak ısıtılır. Bu camlar için ihtiyaç duyulan temiz görüş, silecekler ve püskürtme suyu tarafından sağlanabilir. Dinamik/statik sondalar, alfa kanatçıkları, boşaltma çubukları ve tuvalet boşaltım noktaları elektriksel ısıtıcılarla ısıtılır.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30) Modul 11.12

- Uçuş sırasında hava koşulları nedeniyle uçağın parçaları üzerinde buzlanma oluşabilir.
- Buzlanma, uçak aerodinamik yapısını ve performansını oldukça olumsuz etkiler.



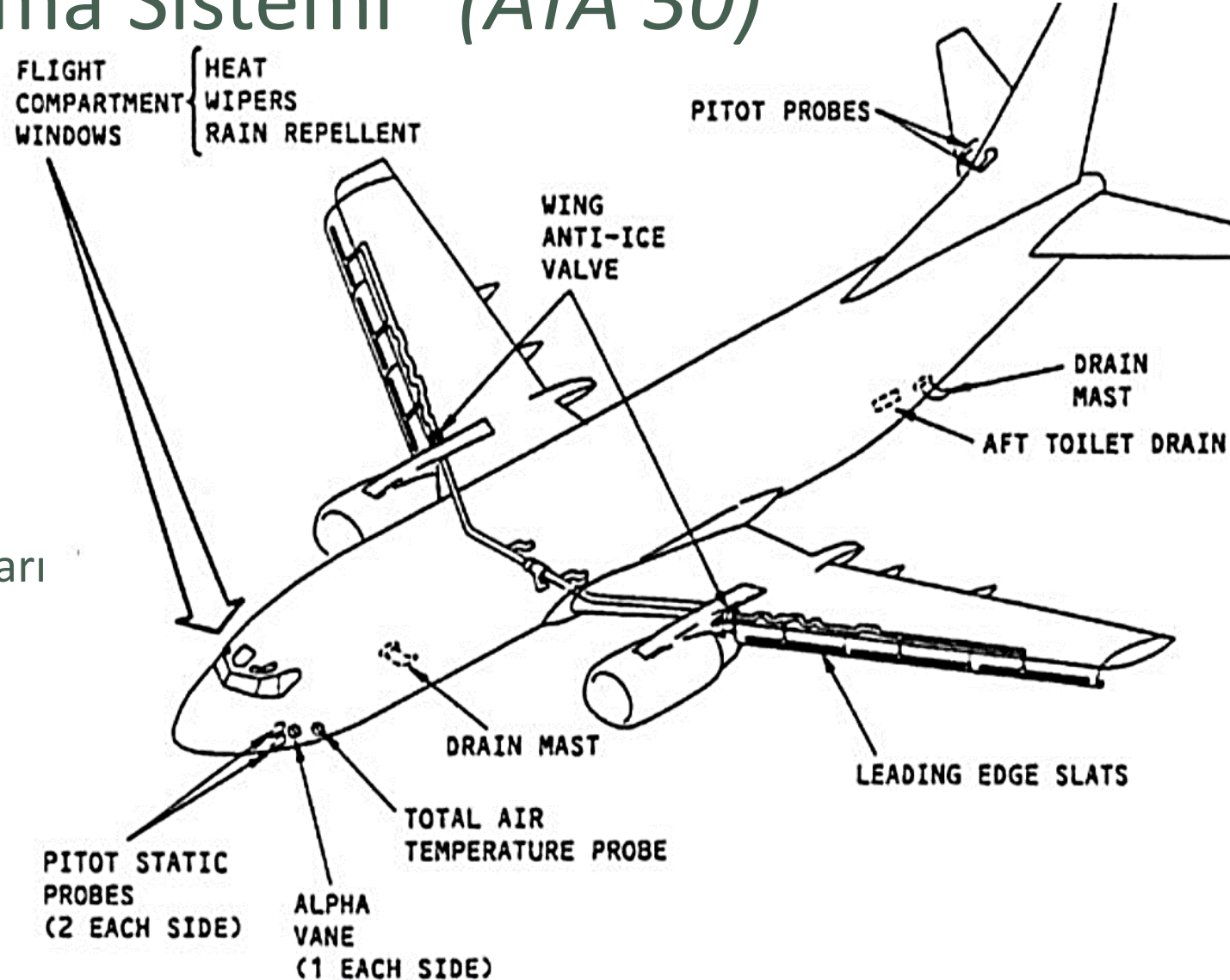
Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (*ATA 30*) Modul 11.12

Başlıca Buz ve Yağıştan Korunma Sistemleri

- i. Kokpit camı elektrikli ısıtıcıları (*window heating*)
- ii. Ölçüm problemlerinin ısıtıcıları (*probes heating*)
- iii. Atık su tahliye (*waste water drain*)
- iv. Motor buzlanma önleyici (*engine anti-ice*)
- v. Kanat buzlanma önleyici (*wing anti-ice*)

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- Uçakta meydana gelen **buzlanma** ekonomik verimliliği azaltmasının yanı sıra **uçuş emniyetini olumsuz etkiler**.
- Buzlanmadan etkilenen bölümler:
 - Kanatlar ve stabilize hücum kenarları
 - Sensörler
 - Kokpit camları
 - Motor hava alıkları vb.



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

Uçaklarda Buzlanmadan Etkilenen Başlıca Bölümler

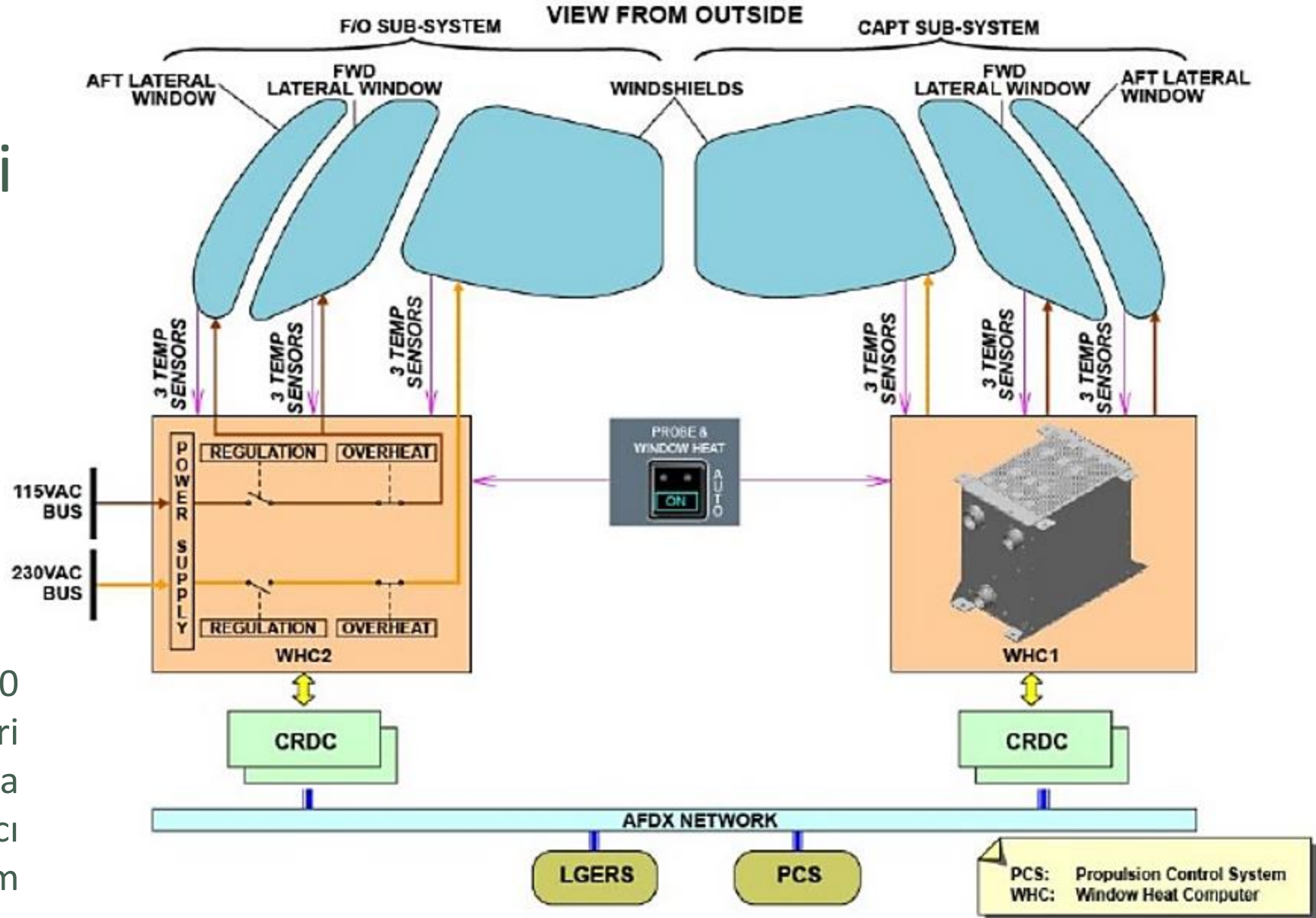
- a. Pitot statik problemleri (*pitot static probes*)
- b. Hücum açısı sensörleri (*alpha vane / AoA sensors*)
- c. Hava sıcaklık ölçüm problemleri (*total air temperature probes*)
- d. Kokpit camları (*flight compartment windows*)
- e. Su Tahliye Çıkışları (*drain masts*)
- f. Kanat hücum kenarı slatları (*leading edge slats*)
- g. Motor hava alıkları (*engine air intake / inlets*)
- h. Kuyruk bölümü pitot tüpleri (*vertical stabilizer pitot probes*)
- i. Arka tuvalet su tahliye çıkışları (*aft toilet drain*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Kokpit Camları (flight compartment windows anti-icing / defogging)

- *Örnek Görsel:* Airbus A350 kokpit pencereleri buzlanma ve buğulanma önleyici elektrikli ısıtıcı sistem

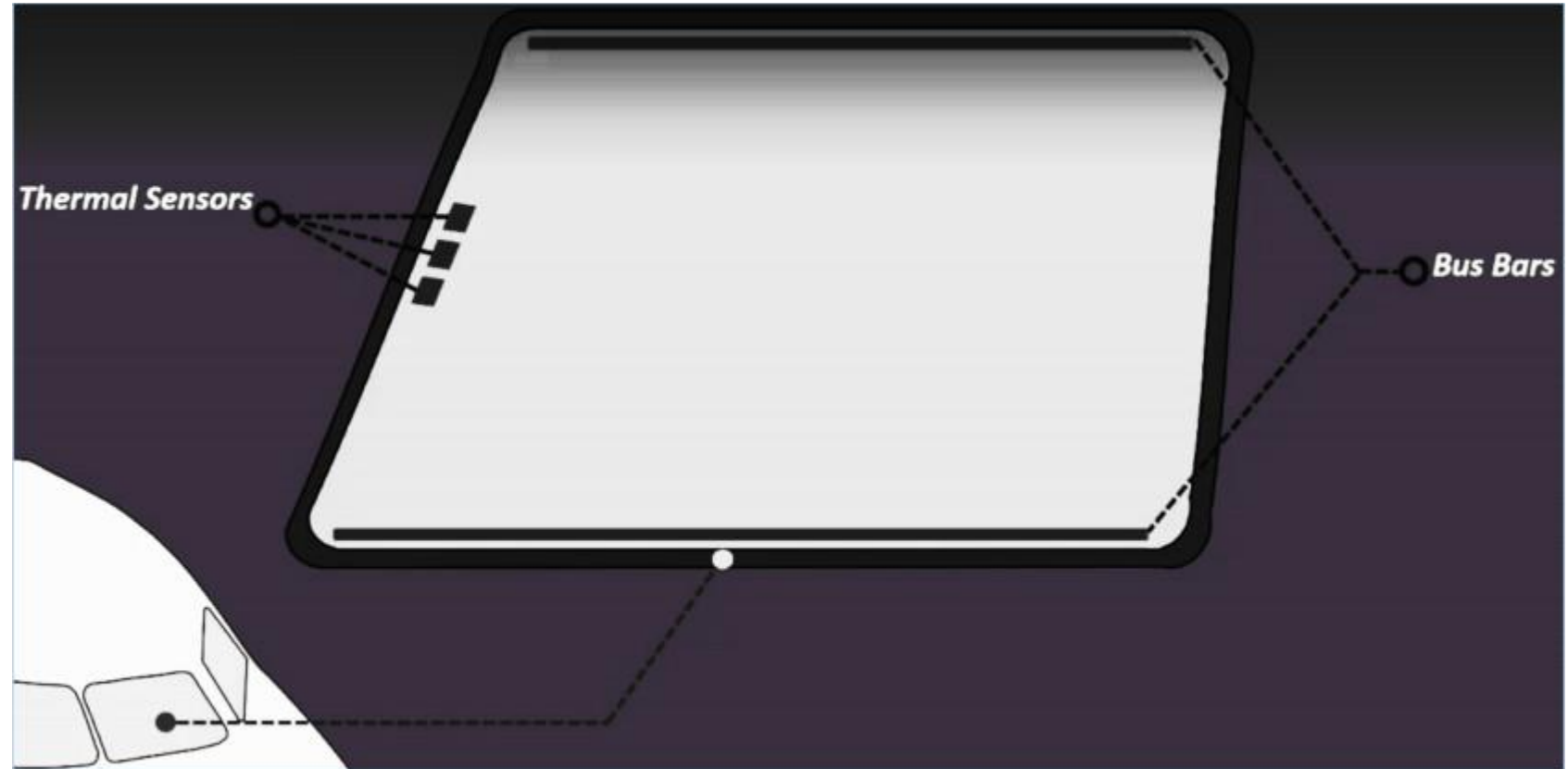


WINDOWS ANTI ICING/DEFOGGING FUNCTION, DESCRIPTION AND INTERFACES

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Kokpit Camları (flight compartment windows anti-icing / defogging)

- *Örnek Görsel*: ATR 42 kokpit pencereleri termal sensörler ve elektrikli ısıtma baraları (*busbars*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- **Dikey stabilize üzerindeki pitot tüpleri**
(*vertical stabilizer pitot probes*)



- **Pitot statik problemleri** (*pitot static probes*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- **Hücum açısı sensörleri**
(*alpha vane / AoA sensors*)
- **Hava sıcaklık ölçüm probları** (*total air temperature probes*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- **Su Tahliye Çıkışları** (*drain masts*)



- **Arka tuvalet su tahliye çıkışları** (*aft toilet drain*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

Uçaklarda Buzlanmadan Etkilenen Başlıca Bölümler ve Korunma Sistemleri

- Kanat ve kuyruk buz önleme sistemlerinin tasarımı büyük ölçüde farklılık gösterir; ancak buzdan korunmanın belirli unsurları çeşitli üreticiler arasında standart hale gelmiştir. Proplar (pitot, statik, hücum açısı veya sıcaklık algılama) tüm uçuş boyunca elektrikle ısıtılır (*set it and forget it*). Motorda sıkıştırılan ve yanma için yakıtla karıştırılmadan hemen önce çıkan yoğun, sıcak hava; Tahliye havası (*bleed air*); motor kaportalarını ısıtır. Bu son derece sıcak hava, dışarı atılmadan önce kaporta girişinin etrafındaki metal bir kanaldan geçer. Hava o kadar sıcaktır ki, kaporta, üzerine çarpan nemin anında buharlaştığı bir noktaya kadar ısıtılır ve böylece yağışın girişte donarak geri dönmesi önlenir.
- Bir istisna dışında, ön cam buz koruma sistemleri de standart hale gelmiştir; koruma, ön camın içine yerleştirilmiş elektrikle çalışan bir ısıtma elemanı tarafından sağlanır. Bunun istisnası, orijinal CitationJet'in (CJ) (şu anda M2 ve CJ3+) türevleri olan Cessna Citation modelleridir. Bu uçaklar ve birçok "eski" ön cam buz koruması, ön camın dış kısmına kanalize edilen sıcak hava ile sağlanır. Bu sistem her ne kadar iyi çalışsa da, daha gürültülü bir kokpite sebep olur ve elektrik sistemine göre ön camın daha küçük bir temizler.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- Kanat ve kuyruk buz koruma sistemleri, motordan gelen tahliye havası miktarına göre çalıştırılır. Küçük jet motorları "sıcak kanat" sisteminin ihtiyaç duyacağı hava miktarını ayıramaz, aksi takdirde motorun ürettiği itme gücü çok fazla düşer. Buzdan koruma sistemi tarafından kullanılan herhangi bir tahliye havası, yakılması mümkün olmayan havadır ve jet motorları çok fazla hava tüketmeyi sever. Bu nedenle, üretimdeki en küçük hafif jetler, kanat ve kuyruk ön kenarlarında buz kırıcı/çözücü botlar kullanır. Sistemin otomasyonu, bir anahtarın basitçe çevrilmesine ve devre dışı bırakılana kadar belirli bir döngü aracılığıyla botları açıp kapatması şeklinde gerçekleşir. Pilot, kanadın sık sık görsel olarak kontrol edilmesinden ve buz kırıcı botları manuel olarak etkinleştirilmesinden kurtulur. Ayrıca, botları şişirmek için kullanılan tahliye havası, bir pistonlu motorun üretebileceğinden daha yüksek basınca sahiptir, neredeyse anında şişmeye ve buzun daha agresif bir şekilde kırılmasına ve dökülmesine olanak tanır.
- Temiz kanadın (*clean wing*) bir bedeli vardır; sıcak kanat sistemi tarafından tahliye havasının kullanılması, motorun itme gücünü (çıkışı) bazen büyük ölçüde azaltır.
- Daha büyük jetlere güç veren motorlar, kanadın tüm ön kenarının ve bazen de kuyruğun buharlaşma sıcaklığında tutulması için yeterli miktarda havayı ayırabilir. Bu sıcak kanat sistemleri, önyükleme sistemine göre büyük bir avantaja sahiptir. En aşırı buzlanma koşulları dışında, kanat tamamen buzdan uzak tutulur ve taşıma kuvvetinde herhangi bir bozulma yaşanmaz. Botlar ne kadar etkili çalışırsa çalışsın, genellikle kanada yapışan, taşıma kaybı ve sürüklenme artışına neden olan döngüler arası az miktarda buz vardır. Bu nedenle botlu hafif jetler, kalan buz mevcutken aynı ağırlıkta kabaca 20 knot daha hızlı inmeye zorlanır ve gerekli pist iniş mesafesinde artış yaşanır.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- Bazı jetlerde, tam buzlanma koruma sisteminin (motor, kanat ve kuyruk) etkinleştirilmesi, hız frenlerinin devreye girmesine benzer bir his vererek uçağın gözle görülür şekilde yavaşlamasına neden olabilir. Tırmanma oranı düşmesi ve buzlanma sistemlerinin etkinleştirildiği bir motor çalışmaması senaryosunda zeminden kaçınmak çok daha zor bir iş haline gelebilir. Bir hafif jet için, motor çıkış tavanı, hava tahliyesi buz koruma sistemleri açıkken 24.000 feet'ten 10.000 feet'e düşebilir.
- Modern buz korunma sistemlerinin düzgün çalışması, pilotun zihinsel işlemlerinin büyük bir kısmını ayırmasını gerektirmez. Geleneksel olarak, sıcak sistemler (problar, ön camlar ve sıcak kanatlar) buzlanmayla karşılaşmadan önce etkinleştirilecek "**buzlanmayı önleyici**" sistemler olarak düşünülürken; botlar, buz gözlemlendikten sonra devreye girecek "**buzlanmayı giderici**" sistemler olarak düşünülür. Pilotların buzlanma giderici botları etkinleştirmek için çok uzun süre beklemesinden kaynaklanan onlarca yıllık kazalardan sonra, bu sistemler bile artık buzlanma önleyici sistemler olarak görülmeye başlandı; pilotlar bunları proaktif olarak belirli sıcaklık eşiklerinde veya altında açmaya ve herhangi bir buzlanmayı ve buz birikimi miktarını beklememeye yönlendirilmiştir. Korumayı uygun zamanda açmanın yanı sıra, buzlanma koşullarında pilotların yönetmesi gereken önemli bir görev daha vardır: buzdan koruma alt sistemlerinin yeterli miktarda hava tahliyesi ile beslenmesini sağlamak. Motorun üretebileceği fazla tahliye havası miktarı, itki ayarının (*thrust*) bir fonksiyonudur; çok düşük itme seviyelerinde, genellikle sıcak alanları uygun şekilde sıcak tutmaya yetecek kadar hava tahliyesi (*bleed air*) olmaz. Uçağa bağlı olarak pilotların motor hızı göstergelerini izlemesi ve alçalırken itme kuvvetinin ne kadar azaltıldığına dikkat etmesi gerekebilir.
- Daha yeni uçaklarda motorların FADEC'leri (tam yetkili dijital motor kontrolleri), buzlanma koruması etkinleştirildiğinde düşük itme kuvvetinin ne kadar düşük ayarlanabileceğini sınırlar. Pilotun önceden planlama yapmaması durumunda bu durum bazen hız kontrolünü zorlaştırabilir. Bilgisayar tarafından zorunlu tutulan daha yüksek rölanti ayarıyla yüksek hızda alçalmak, yavaşlamayı imkansız hale getirebilir. Dolayısıyla, modern buzdan koruma sistemleri eski sistemlerde mevcut olan pek çok endişeyi otomatik olarak ortadan kaldırırken, dikkatli bir pilot her zaman otomasyonun olumsuz yanlarının farkındadır.

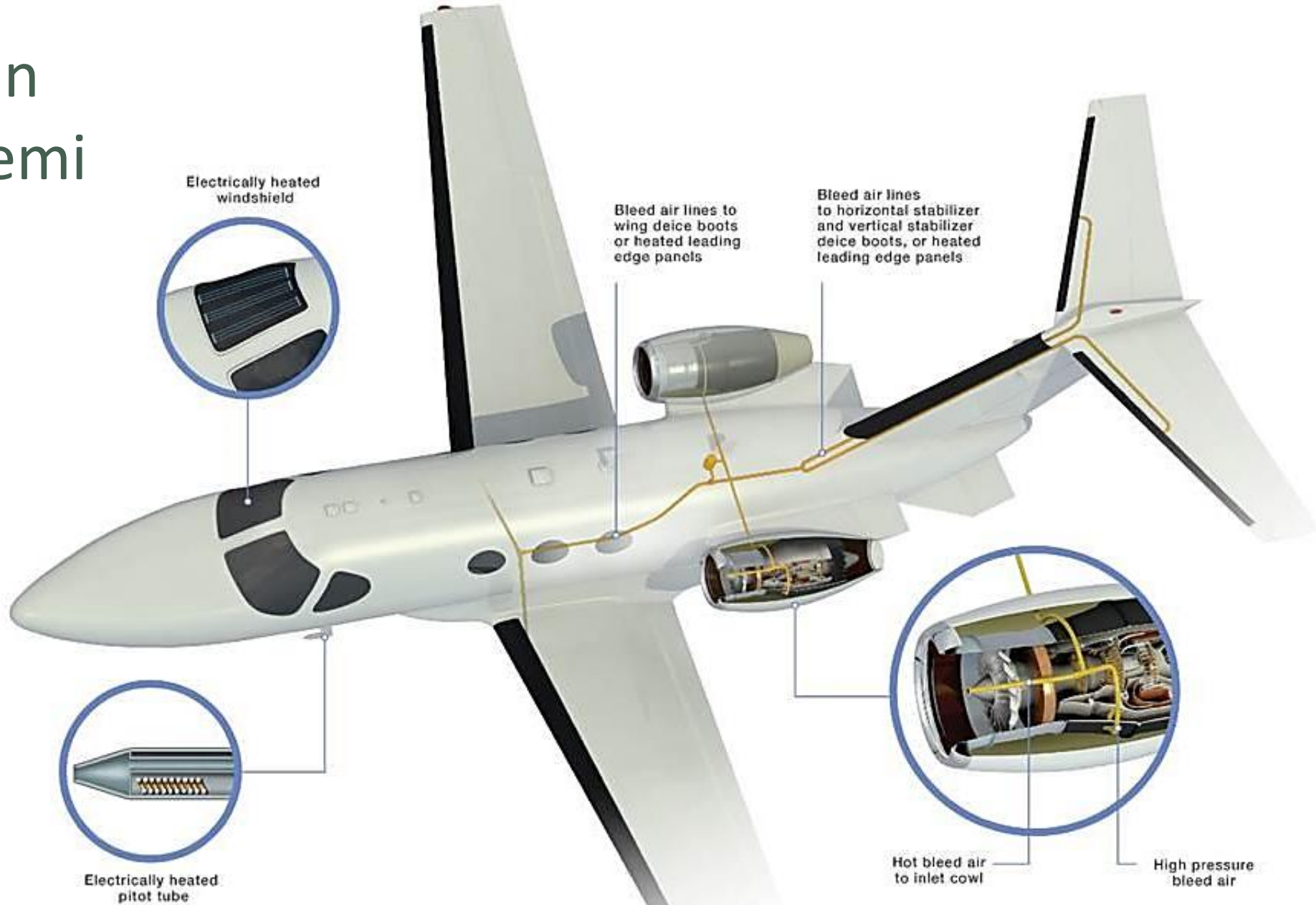
Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Uçaklarda Buzlanmadan Etkilenen Başlıca Bölümler

Örnek Görsel:

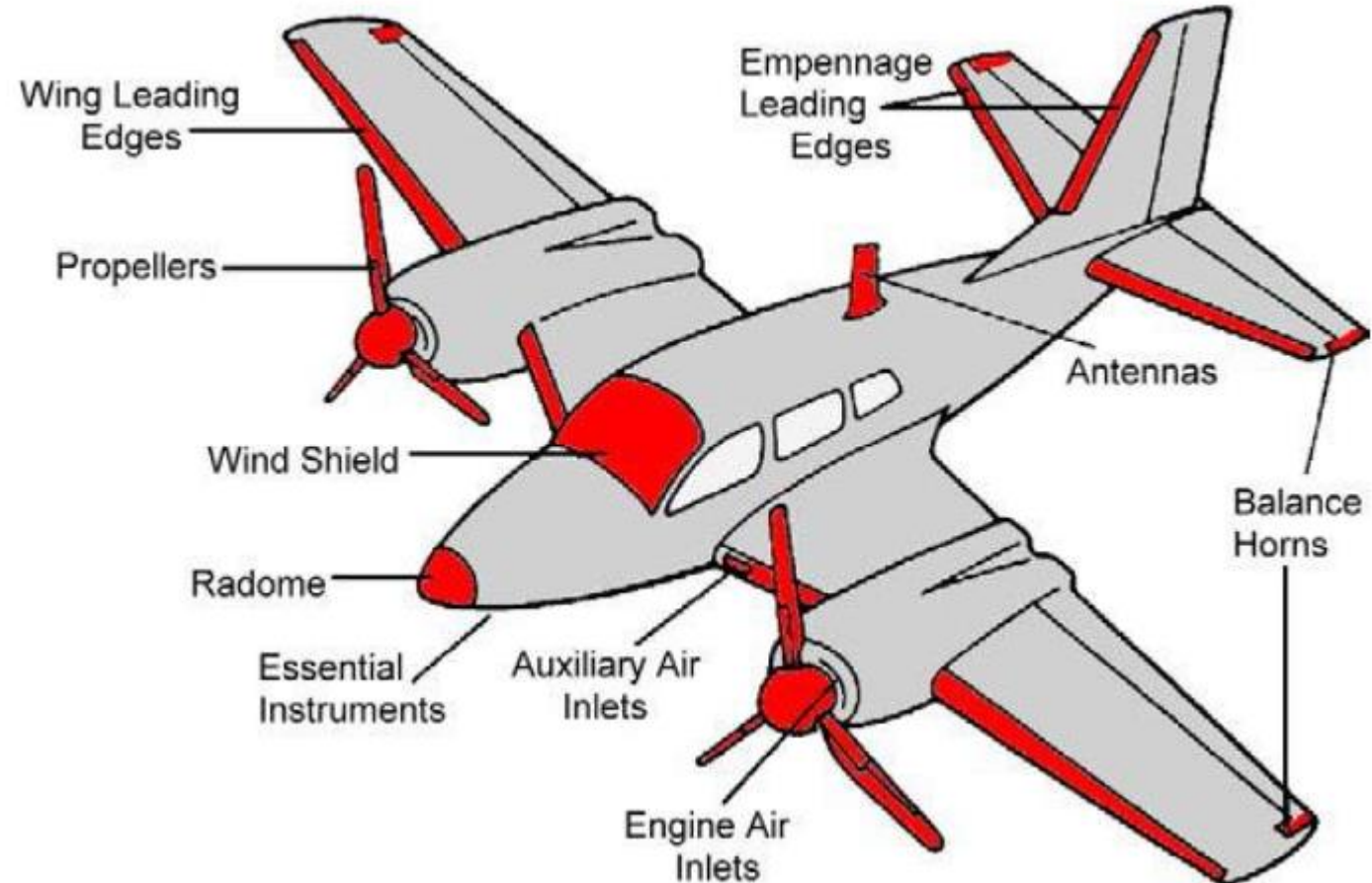
Kanatlar, dikey ve yatay stabilize hücum kenarlarında **buz kırıcı körükler** veya **ısıtıcı paneller** yer alabilir.

Kokpit camlarında ve ölçüm problemlerinde **elektrikli ısıtıcılar** kullanılabilir.



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi (ATA 30)

- ✓ Isıl, mekanik ve kimyasal metotlar ile uçak bölümleri buzlanmaya karşı korunur.
- ✓ Yağıştan korunma için silecek sistemleri, su itici sıvı-bileşik uygulamaları ve su geçirmez kaplamalar kullanılır.
- *Örnek Görsel:* Uçakta buzlanma tehlikesine maruz bölümler (kırmızı renk ile gösterilmiştir)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

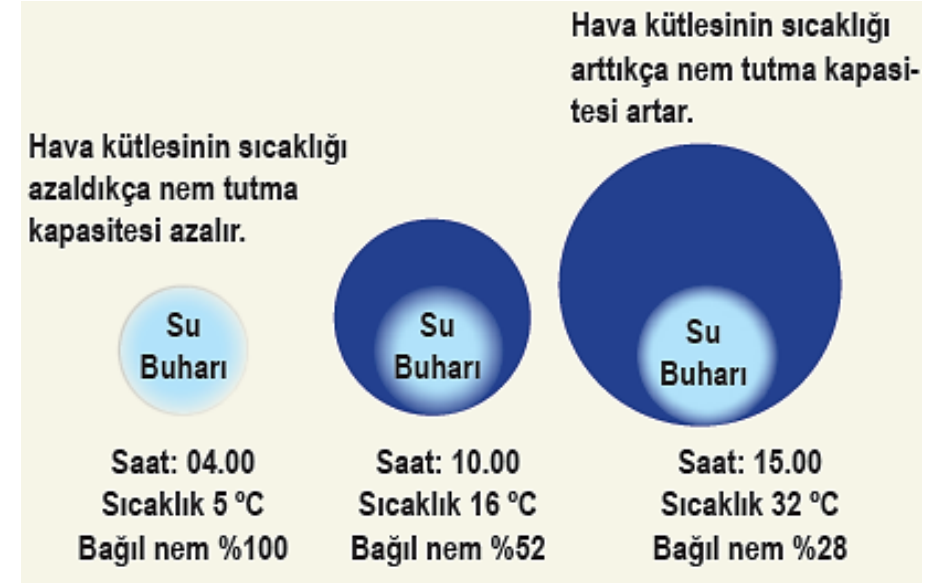
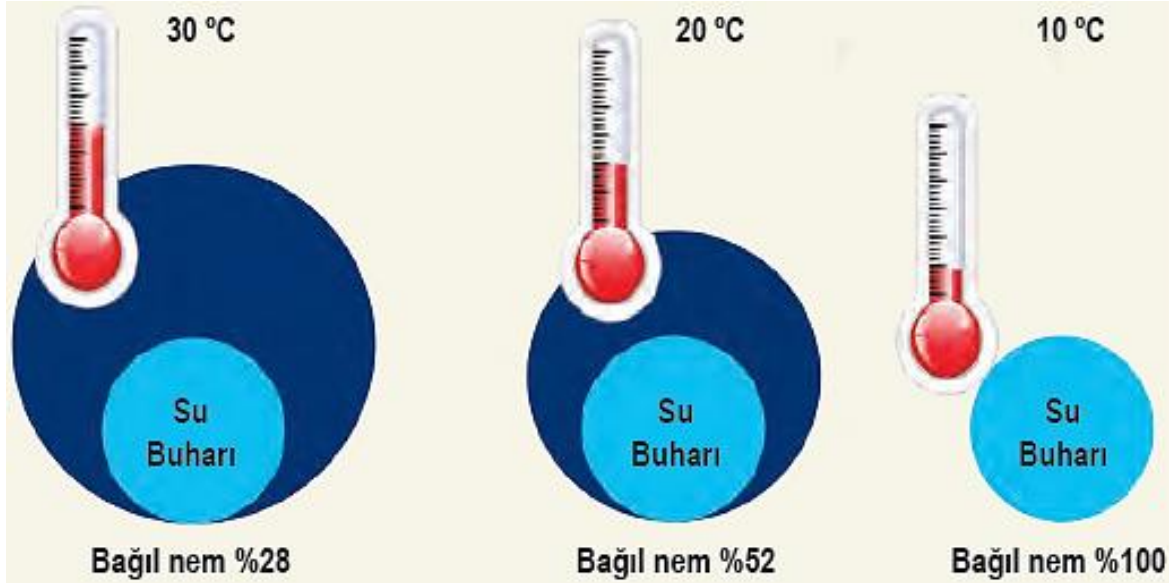
Buz Oluşumu

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

Temel Kavramlar

- Buz oluşumu (*formation of ice*) için sıcaklığın (*temperature*) görece düşük ve havadaki nem oranının (*humidity*) yüksek olması gerekir.
- Nemli havanın sıcaklığı, çiglenme noktasının (*dew point*) altına inerse, havadaki nem yoğunlaşarak su damlacıkları haline dönüşür.
- **Nem oranı (*humidity*):** Havanın içerdiği su buharı (*water vapour*) miktarıdır. Havanın içerebileceği su buharı miktarı hava sıcaklığına bağlıdır. Sıcak hava, soğuk havadan daha çok su buharı tutabilir.
- **Doymuş hava (*saturated air*):** İhtiva edebileceği en büyük miktarda su buharı içeren hava.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Bağıl Nem



Sıcaklık ile bağıl nem ters orantılıdır.

Bağıl nem oranı gün içerisinde değişebilir.

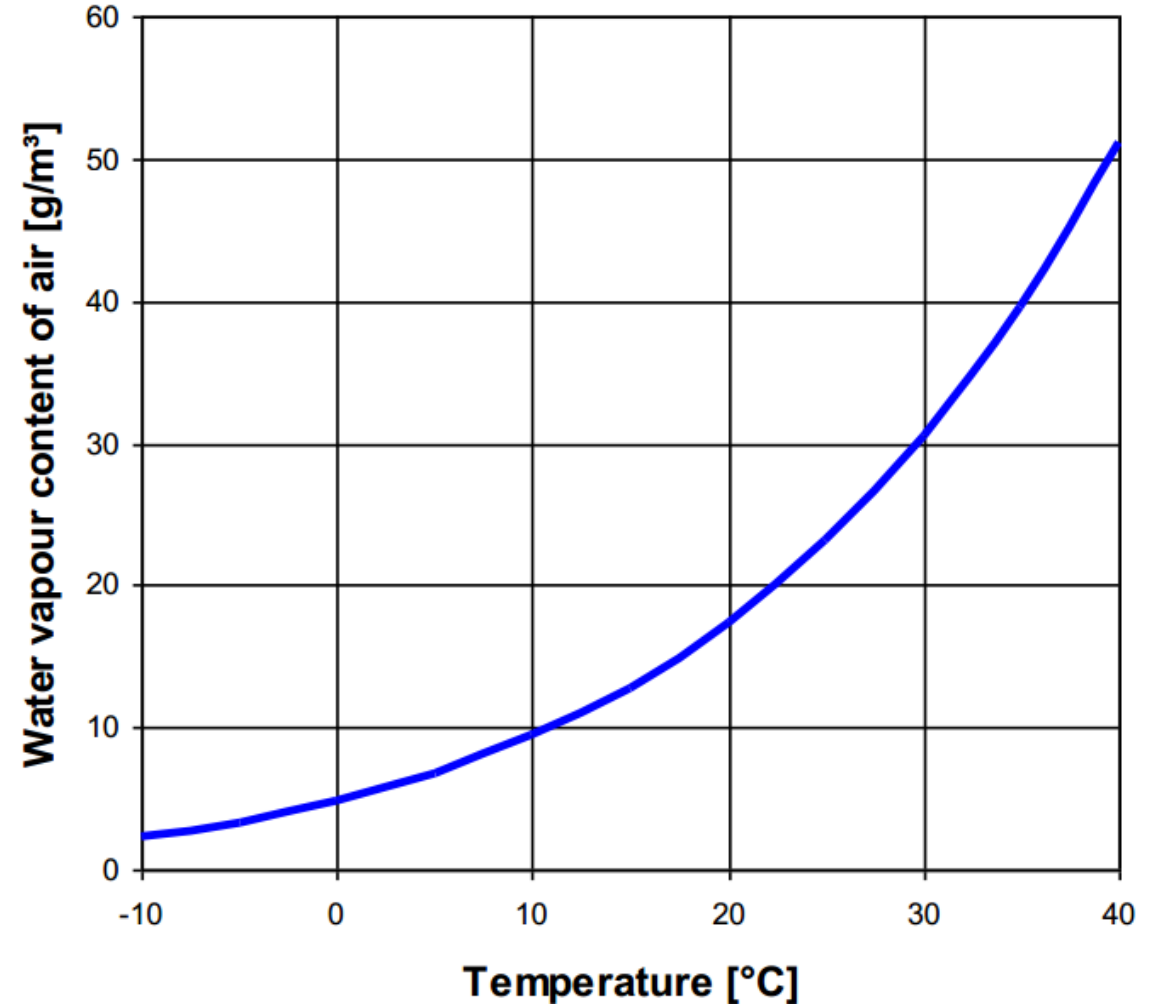
$$\text{Bağıl Nem} = \frac{\text{Su buharı basıncı}}{\text{Doymuş su buharı basıncı}} \times 100$$

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / **Buz Oluşumu**

- **Çiğ noktası (dew point):** Havanın doyma noktasına geldiği sıcaklık. Hava sıcaklığı çiğ noktasının altına düştüğünde su damlacıkları (*droplets*) oluşur.
- Hava **çiğlenme noktasında bulunduğu sırada sıcaklık da düşük** ise uçakta **buzlanma tehlikesi** vardır.
- **Bağıl nem:** Havada bulunan su buharına ait kısmi basıncın, aynı sıcaklıktaki suyun denge buhar basıncına oranıdır. Başka bir deyişle **bağıl nem**, havanın belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği **nem** miktarının yüzde kaçını taşıdığını belirtir. **Bağıl nemin** %100 olması, havanın artık suyla doyurulmuş olması demektir.
- **Mutlak nem:** Havanın birim hacmi başına içerdiği su buharının gram cinsinden kütlesine denir. En basit ifade tarzı olmasına rağmen bağıl neme nazaran daha az kullanılır. Hacmin esas alındığı bu değerlendirmede havanın içerdiği su buharı miktarı sıcaklığa bağlıdır.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

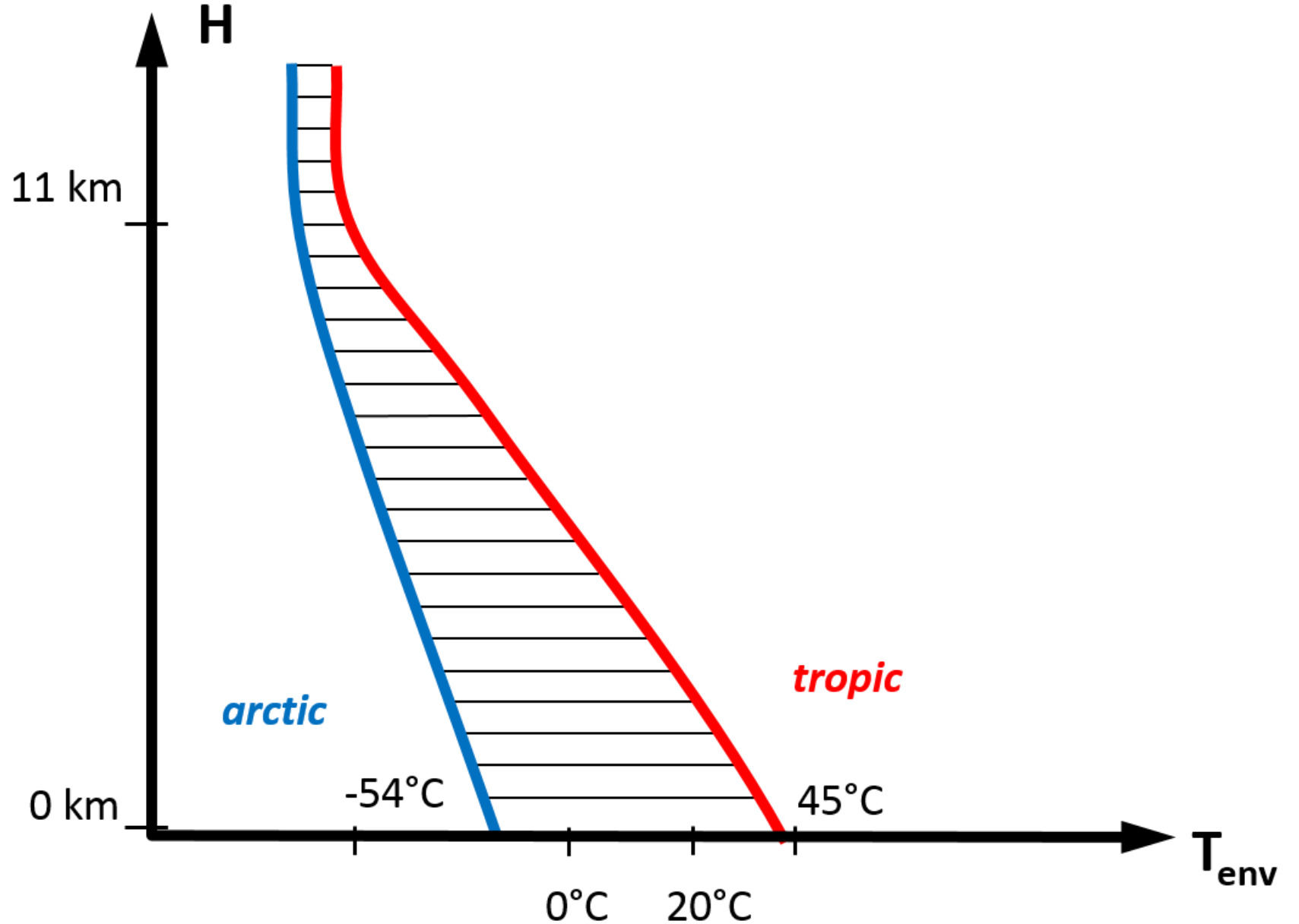
- **Örnek Grafik:** Havadaki buharın çığlenme eğrisi (*Dew Point Curve*)
 - Grafik, neme doymuş havanın içerebileceği su buharı miktarını sıcaklığa bağlı olarak gösterir.
 - İçerdiği su buharı miktarı belli olan hava için çığ noktası bu grafikten belirlenebilir.



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Buz Oluşumu

- *Örnek Grafik:* İrtifa ile hava sıcaklığı değişimi, kutup-ekvator enlemleri ilişkisi
 - Grafik, deniz seviyesinde kutuplarda -54, ekvatoroda +45 derece Celsius arasında değişen hava sıcaklıklarının, 10 bin metre ve üzeri irtifalarda -55 derece civarında bulunduğunu göstermektedir.

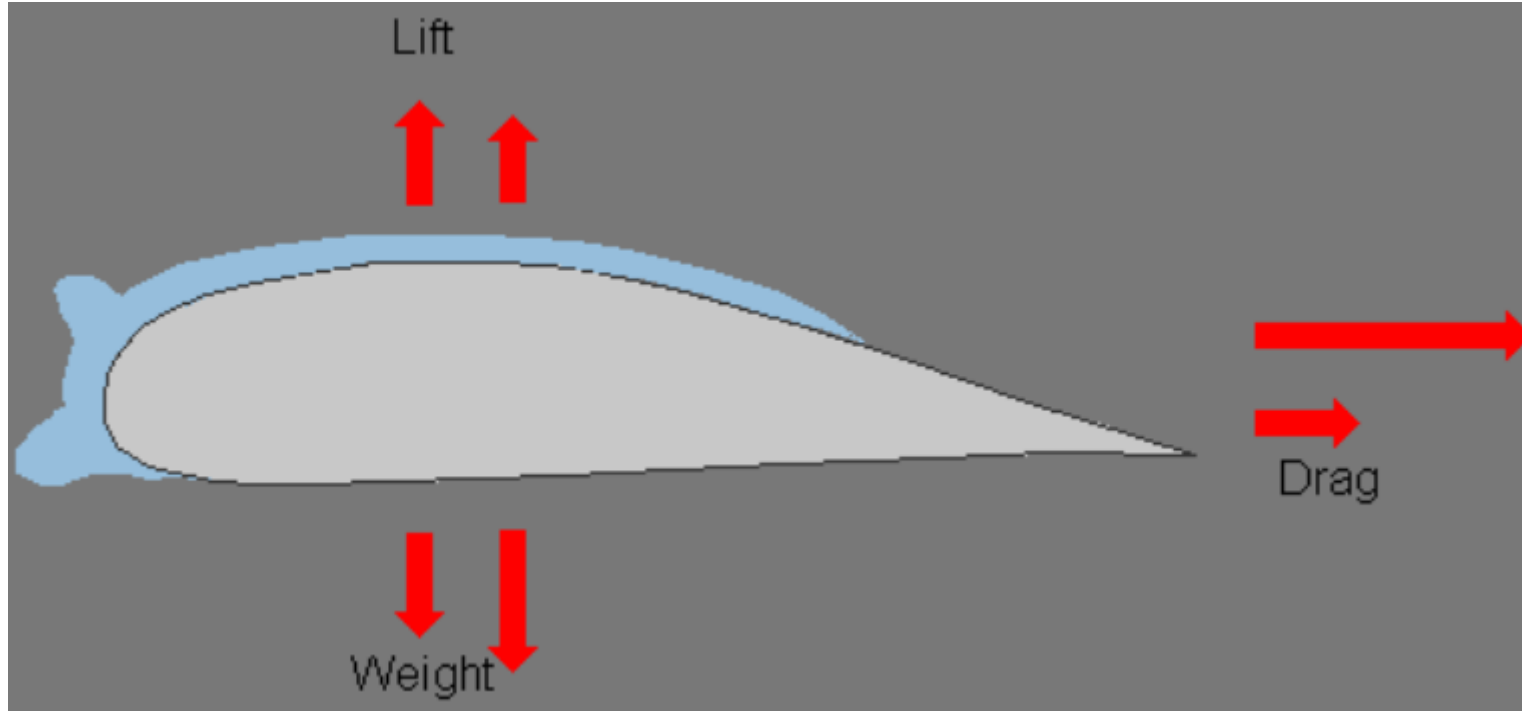


Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Hücum Kenarları

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

- Kanat hücum kenarında **buz oluşumu sebebiyle** aerodinamik yapının bozulması, **sürüklemenin artması**, **taşımanın azalması veya yok olması** ve **ağırlık artması** durumu gözlenir.



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

- *Örnek Görsel*: Kanat hücum kenarında buz oluşumu



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

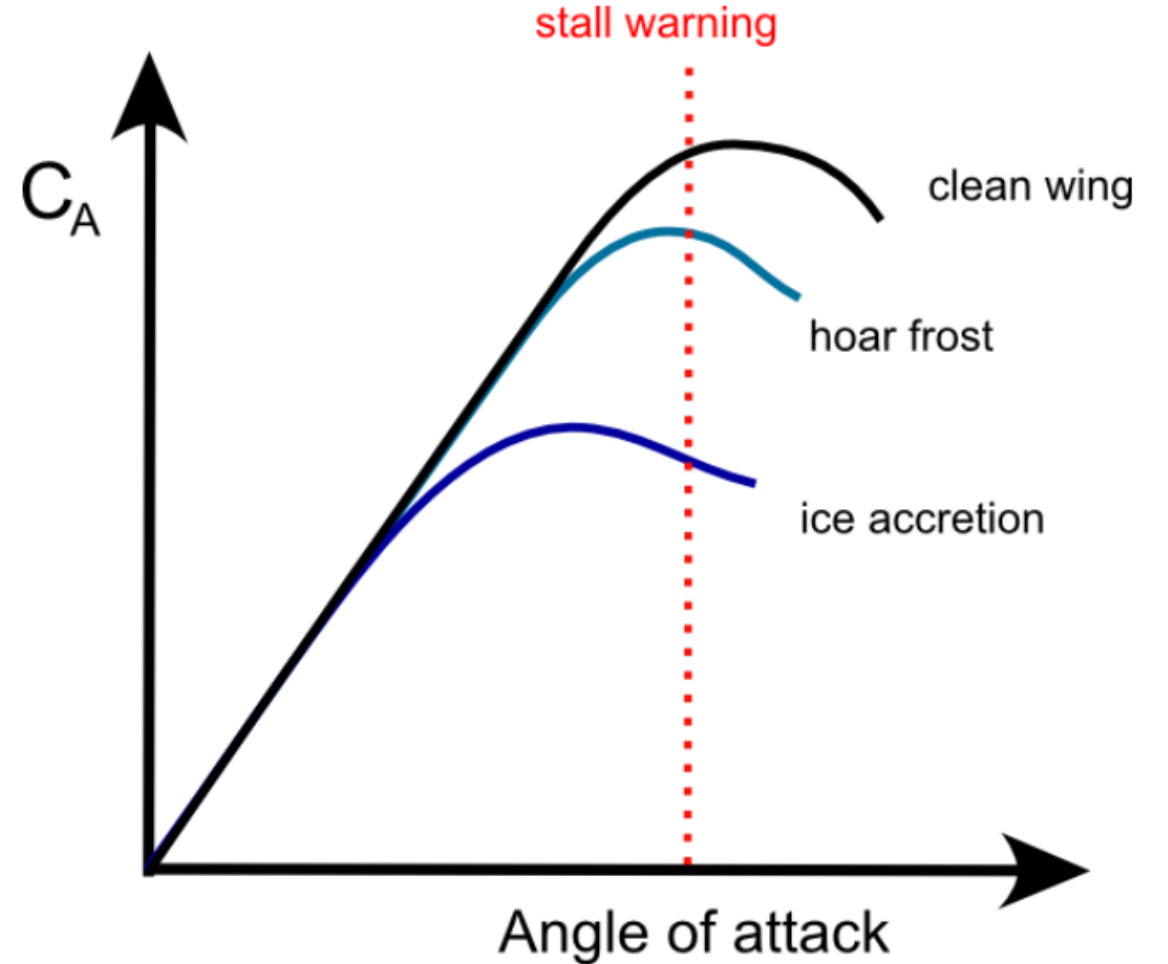
- **Örnek Görsel:** Kanat üzerinde pnömatik buz kırıcı kılıf/körük (*pneumatic boots*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

- **Örnek Grafik:** Kanat profili üzerinde buz oluşumunun, taşıma (*lift*) ve kritik hücum açısı (*AOA*) değerlerine etkisi

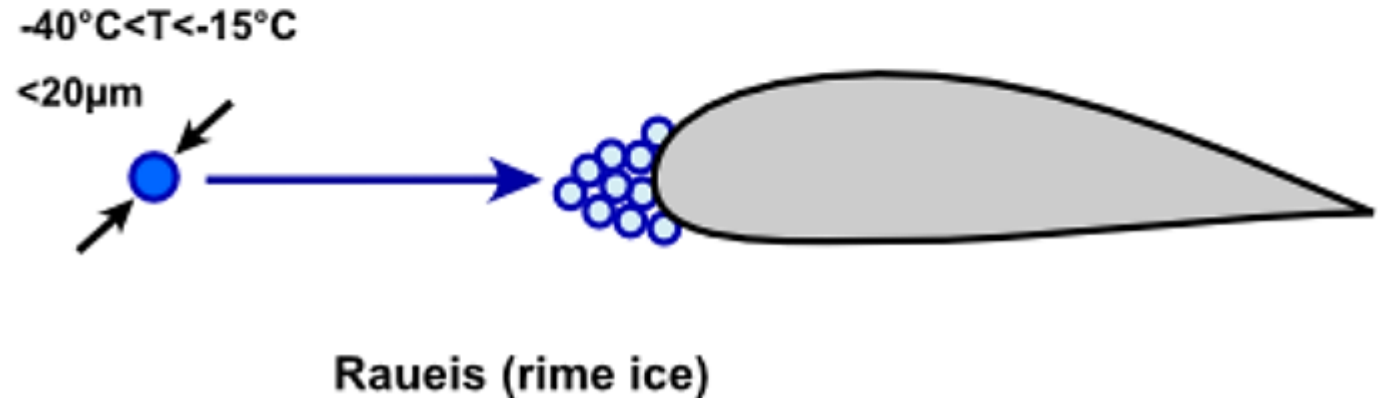
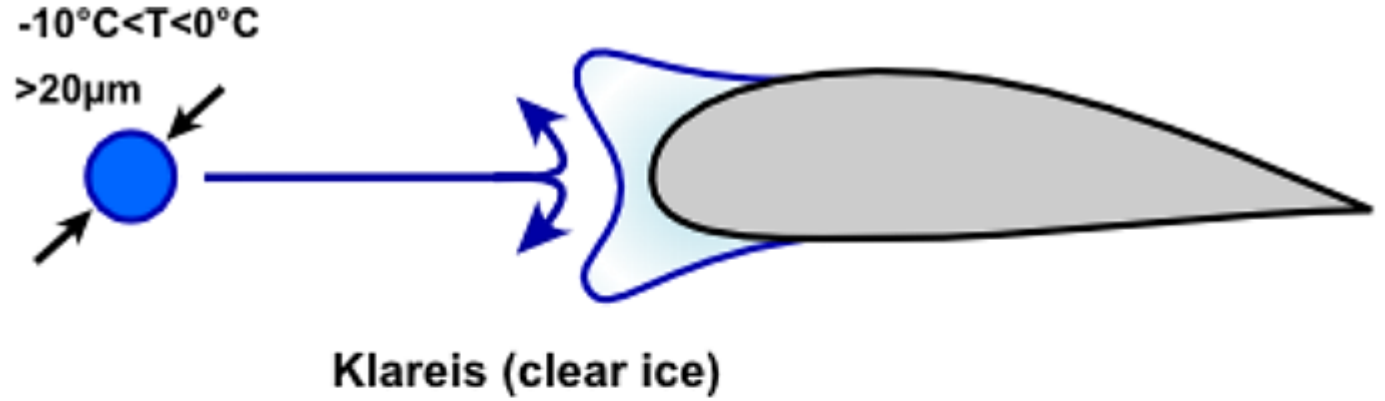
Temiz kanat (*clean wing*)
Kırağı, ince camsı buz tabakası (*hoar frost*)
Kalın büyüyen buz tabakası (*ice accretion*)



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

- *Örnek Görsel*: Kanat hücum kenarında buz gelişimi

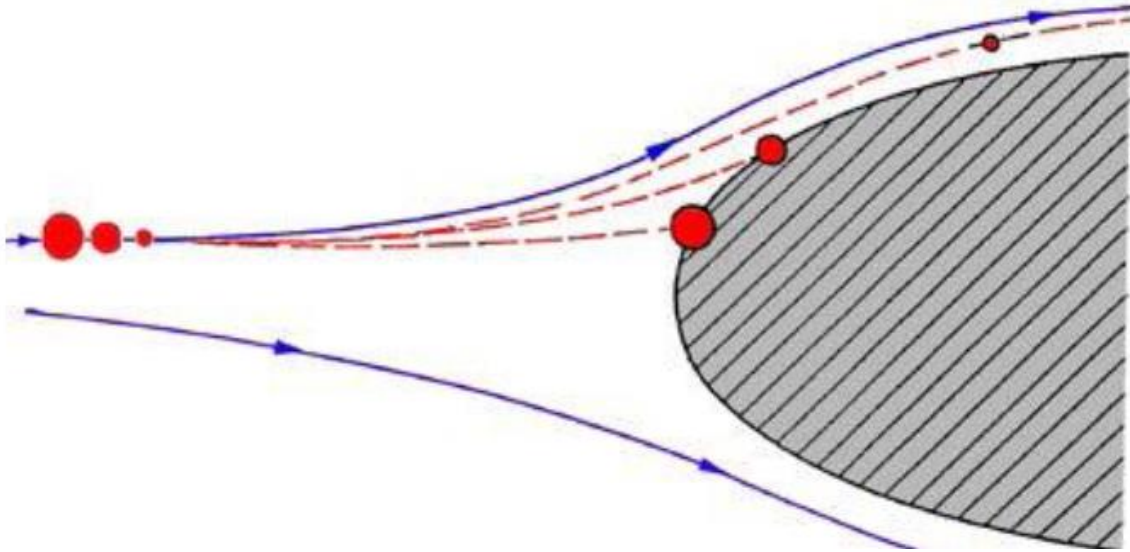
- Clear ice: ağır, yoğun ve tehlikeli, uzaklaştırması zor
- Rime ice: gözenekli, düşük yoğunlukta ve kırılması kolay



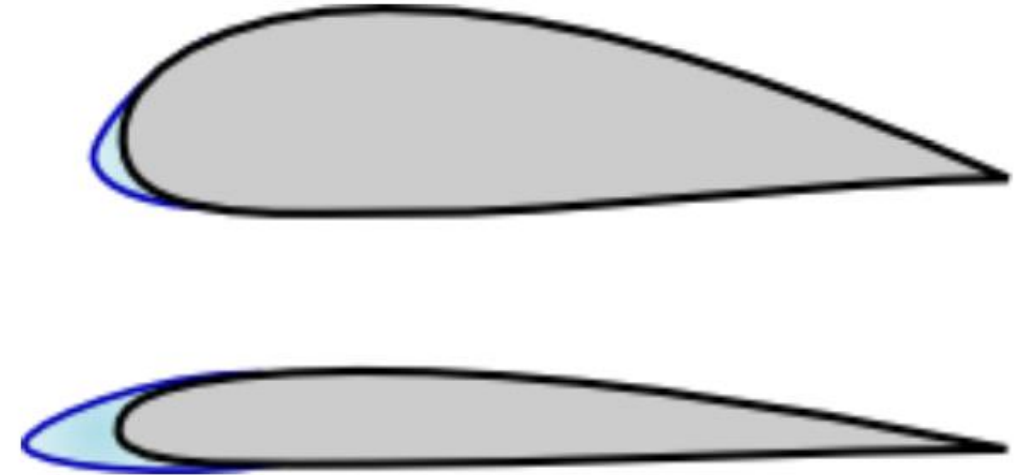
Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi / Buz Oluşumu

Örnek Görseller:

- Su damlacıklarının kanat profili etrafında izlediği yol



- İnce ve kalın kanat profillerinde buz gelişimi



MUTK225 – Uçak Yapı ve Sistemlerine Giriş

Buz ve Yağıştan Korunma

De-icing

Anti-icing

Buzdan Korunma Sistemi (*Ice Protection System*)

Buzlanma koşullarında uçuşa elverişli olarak sertifikalandırılmış hava araçlarında buzlanma önleyici ve koruyucu sistemlerin bulunması zorunludur. **İki tür sistem vardır:**

- ***De-icing:***
 - Buz gelişimine izin verir, toplam enerji tüketimi daha düşüktür.
 - Mekanik, termal veya kimyasal yollarla periyodik olarak buzu kırar.
 - Hava akışı (*air flow*) kırılan buzu uzaklaştırır.
- ***Anti-icing:***
 - Buz gelişimini önler, engel olur.
 - Termal anti-icing sistemlerinde korunan yüzeylere çarpan suyun buharlaşması sağlanır.
 - Kimyasal sistemlerde suyun donma noktası düşürülerek buz oluşması önlenir.
 - Uçuş emniyeti açısından kritik sensörlerin vb. olduğu yerlerde kullanılır.

Buzdan Korunma Sistemi (*Ice Protection System*)

De-icing ve ***Anti-icing*** yöntemleri:

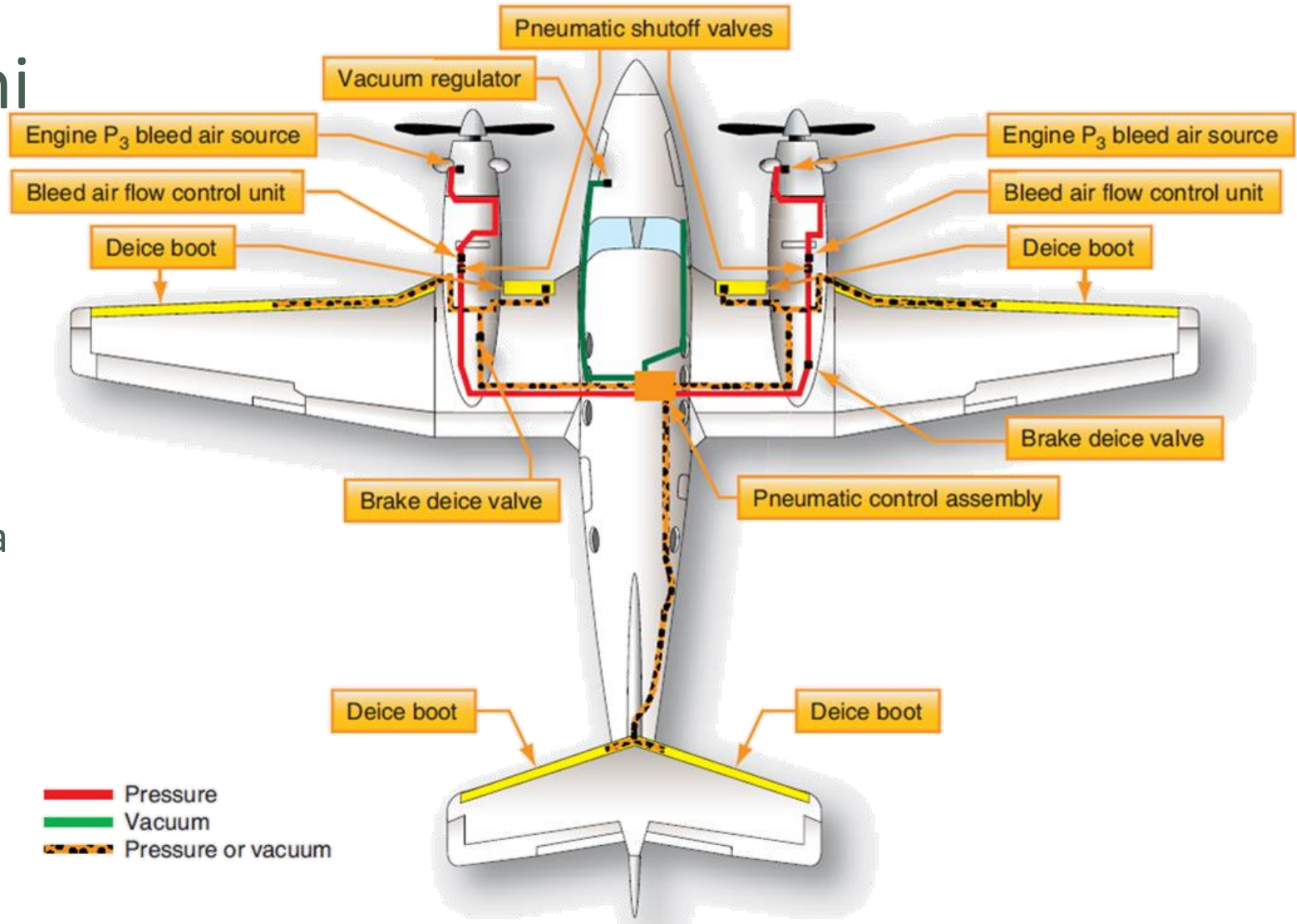
- *Pneumatic-mechanical de-icing*
 - Pnömatik – mekanik buz giderici
- *De-icing and anti-icing by hot bleed air*
 - Motor sıcak havası ile buz giderme ve buzlanma önleme
- *Electro-thermal de-icing and anti-icing*
 - Elektro-termal (ısı etkisi) ile buz giderme ve buzlanma önleme
- *Chemical de-icing and anti-icing*
 - Kimyasal buz giderme ve buzlanma önleme

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

De-Icing
(Buz Giderici)

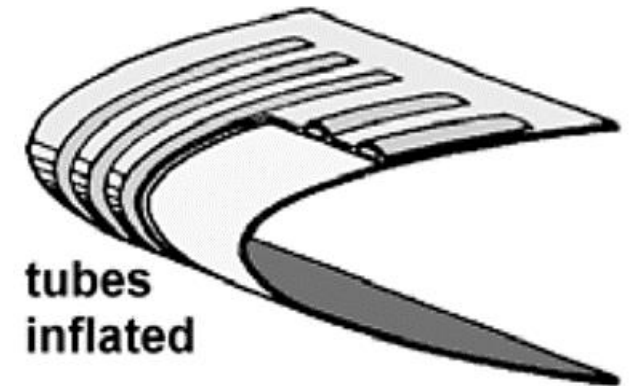
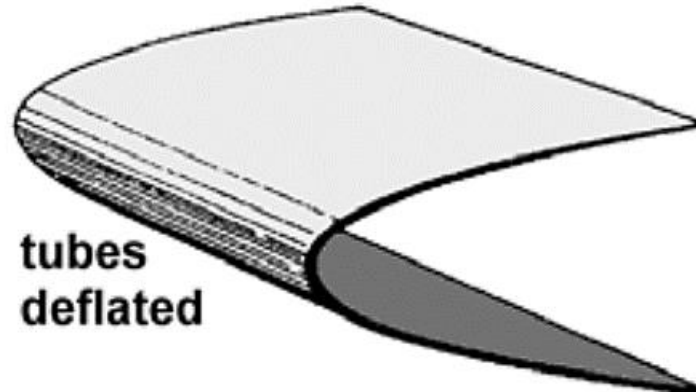
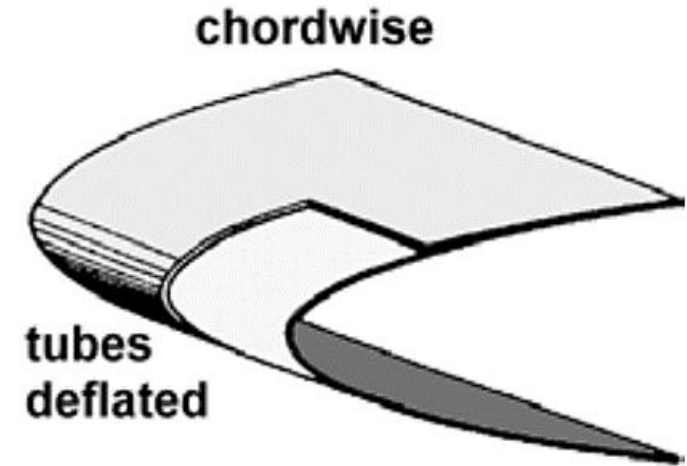
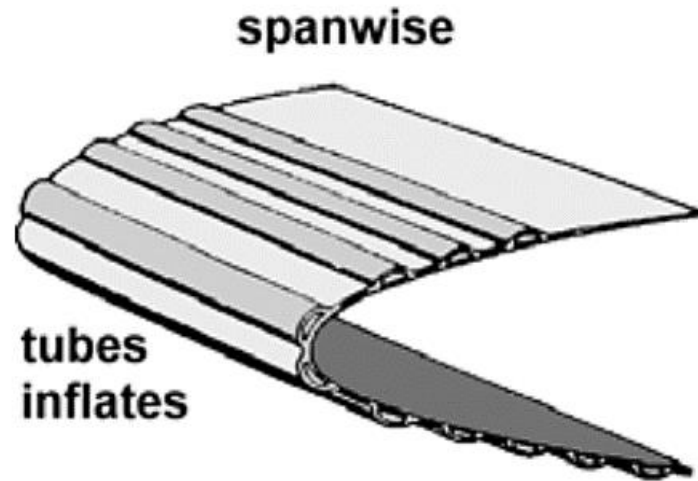
Deicing Sistemi

- *Örnek Görsel:* Uçakta kanat ve stabilize bölümleri üzerindeki de-icing sistemleri



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Pnömatik-mekanik buz giderici sistem
 - *Örnek Görsel*: De-icing Boots



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Pnömatik-mekanik buz giderici sistem
 - *Örnek Görsel*: Kanat hücum kenarında De-icing Boots



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Anti-Icing
(Buz Önleyici)

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Pnömatik sistem havası ile çalışan koruma sistemleri
 - Kanat buzlanma önleyici sistem (*Wing **Anti-Ice** System*)

Kanat buzlanma önleme sistemi, kanat hücum kenarında buz oluşumu önler. Sistem; besleme hatları, valfler, ısıtıcı şalterler, kumanda ve gösterge sistemlerini içerir.

➤ Kanat buzlanma önleyici dağıtım hattı (Wing Anti-Ice Supply Duct)

Dağıtım hattı, pnömatik manifolddan gelen havanın slat hücum kenarı içindeki spreylere doğru ilerlemesini sağlar. Dağıtım hattı bileşenleri kanat ve slat hücum kenarına konulmuştur. Her bir dağıtım hattı, slat spreylere borusuna teleskopik, mafsallı besleme boruları ile bağlanmıştır. Bu borular, slat'ların her pozisyonunda spreylere borusuna hava temin edilmesini sağlar.

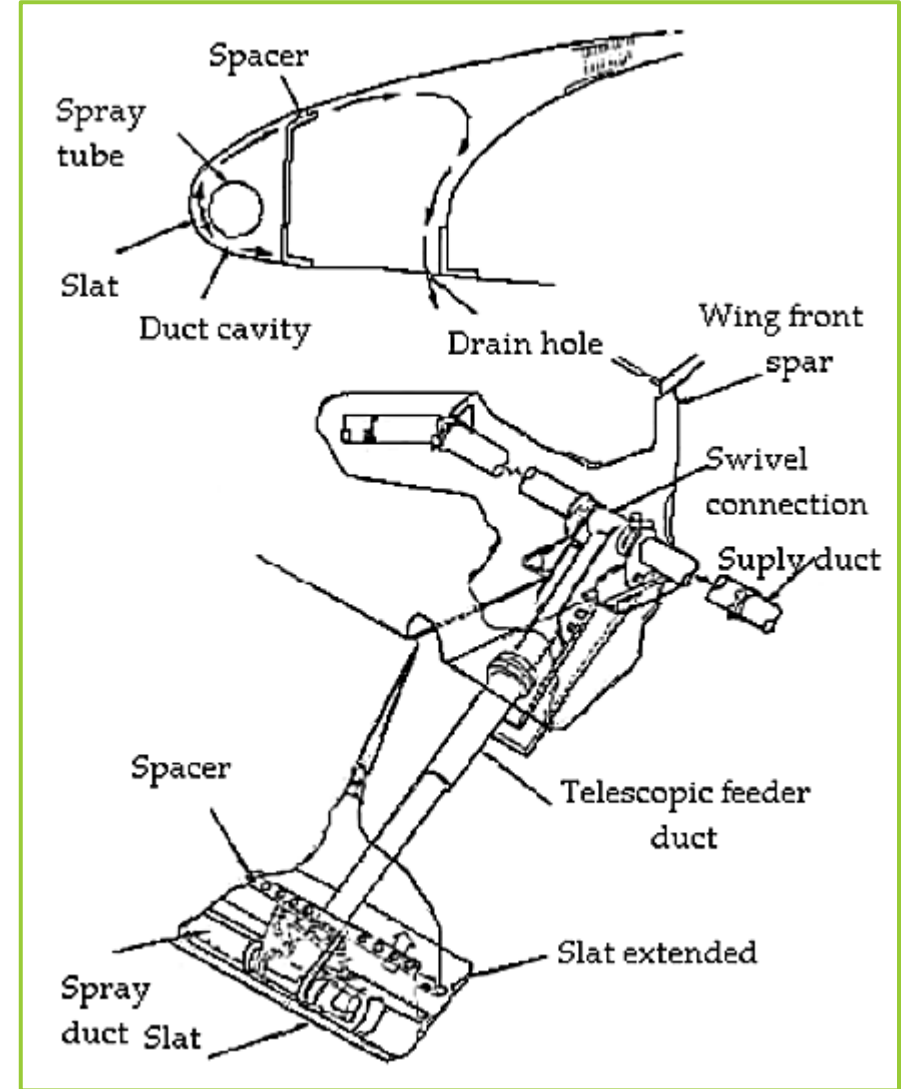
Anti-Icing / Hot Air

- **Wing Anti-Ice Supply Duct** (Kanat Buzlanma Önleyici Dağıtım Hattı)

(engine bleed air / hot air system)

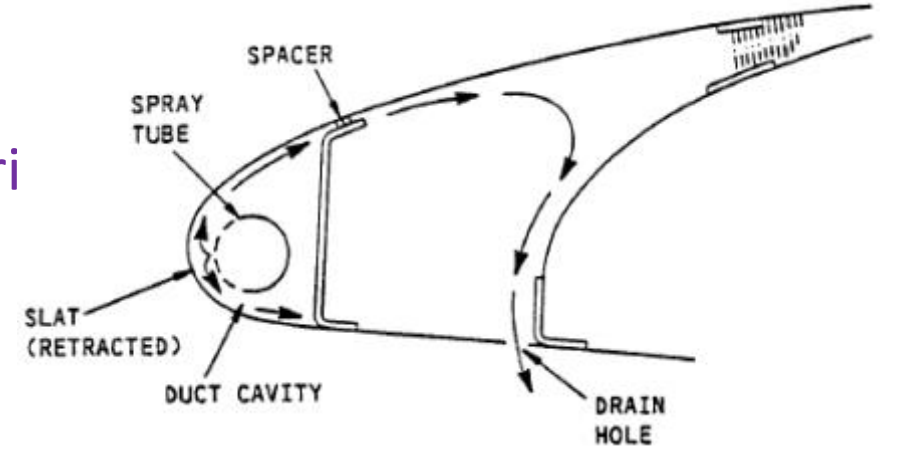
Örnek Görsel:

Kanat buzlanma önleyici dağıtım ve besleme hatları



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Pnömatik sistem havası ile çalışan koruma sistemleri
 - Kanat buzlanma önleyici sistem (*Wing **Anti-Ice** System*)

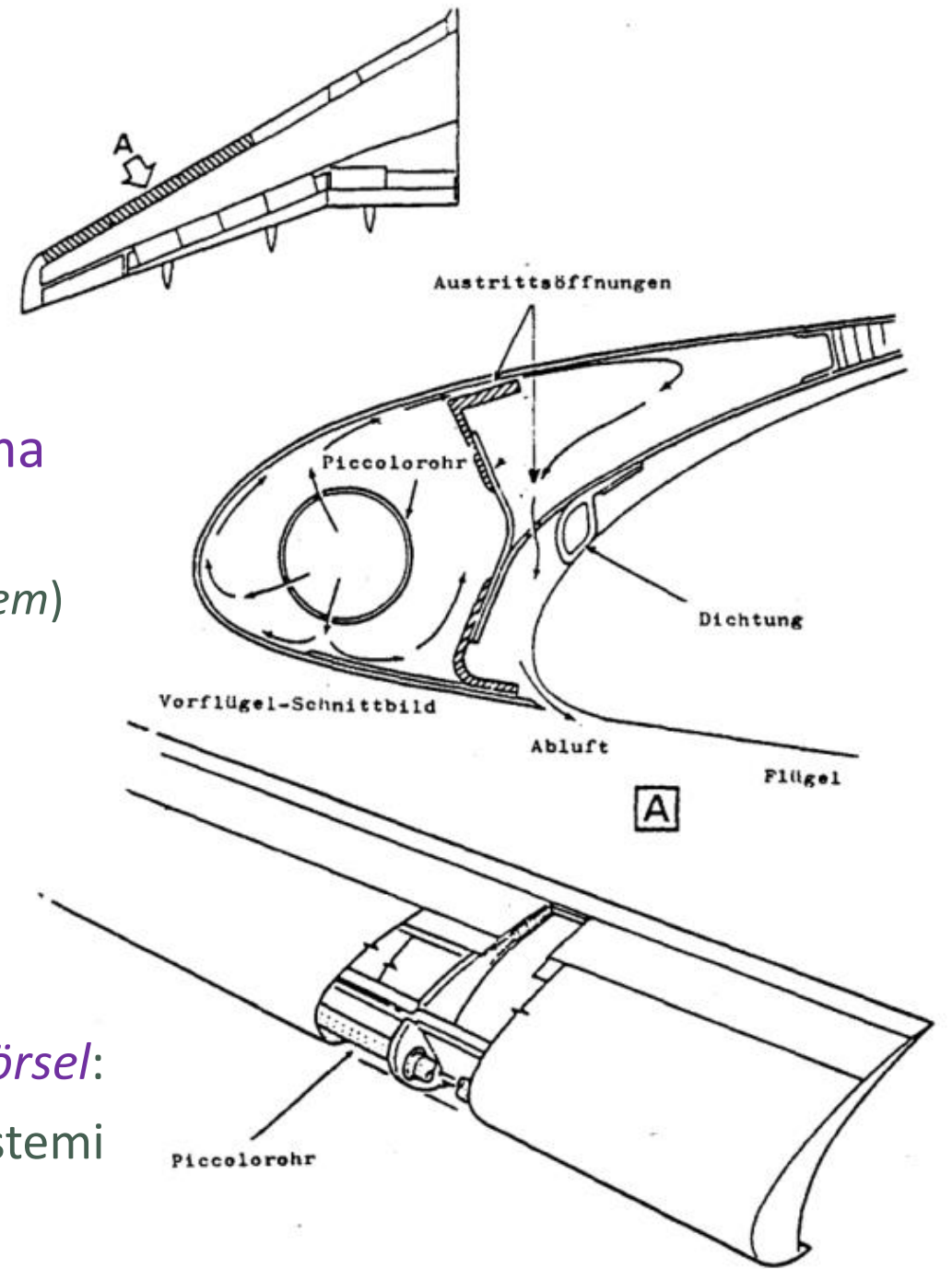


Örnek Görsel: Kanat buzlanma önleyici dağıtım hatları

Dağıtım hattından temin edilen hava, teleskopik borulara ulaştıktan sonra slat boşluğuna gönderilir. Slat'ları ısıtan hava slat ray açıklıklarından ve boşaltma deliklerinden dışarı çıkar.

Anti-Icing / Hot Air

- Pnömatik sıcak sistem havası ile çalışan koruma sistemi (*engine bleed air / hot air system*)
 - Kanat buzlanma önleyici sistem (*Wing **Anti-Ice** System*)



Örnek Görsel:

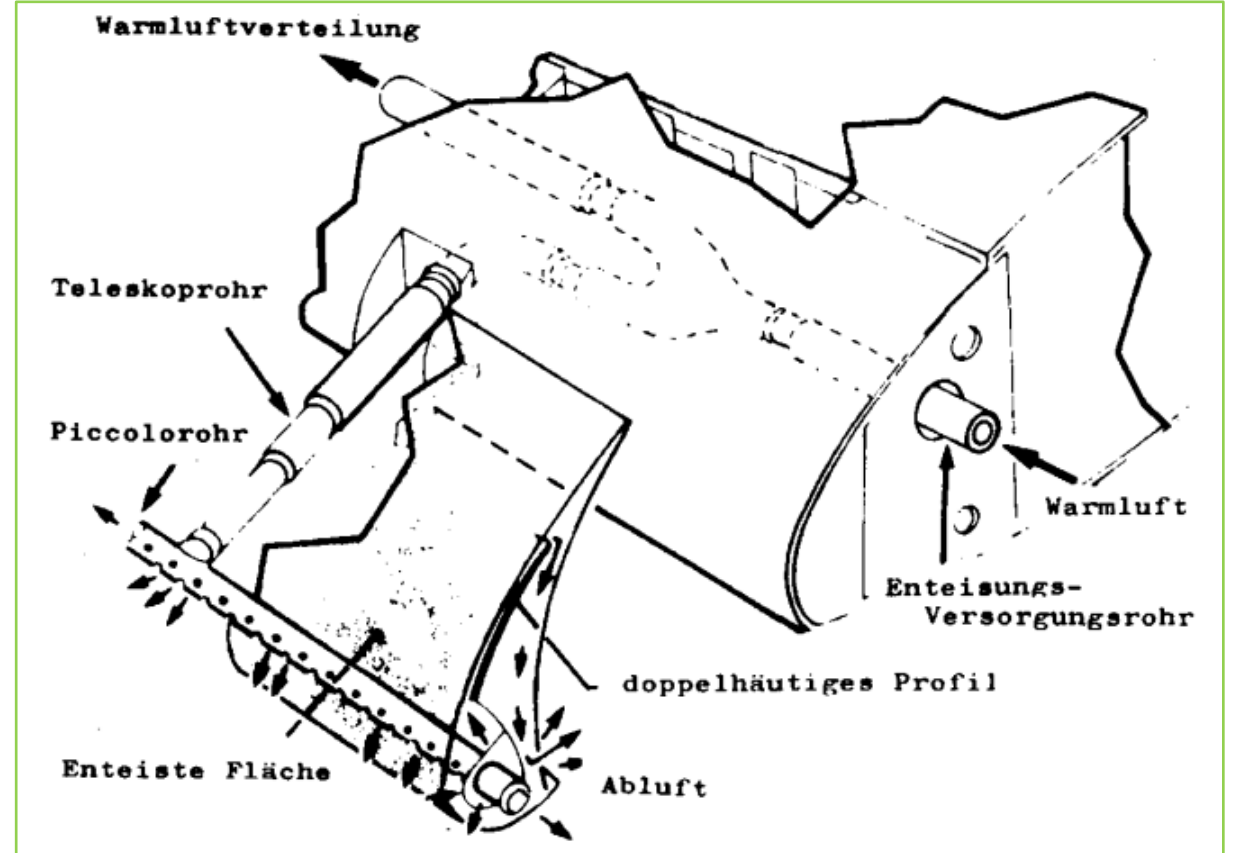
A300 tip uçakta slatlarda yer alan sıcak hava sistemi

Anti-Icing / Hot Air

- Pnömatik sıcak sistem havası ile çalışan koruma sistemi
(*engine bleed air / hot air system*)

Örnek Görsel:

A300 tip uçakta slatlarda yer alan sıcak hava dağıtım sistemi
(*hot air distribution system of a slat*)



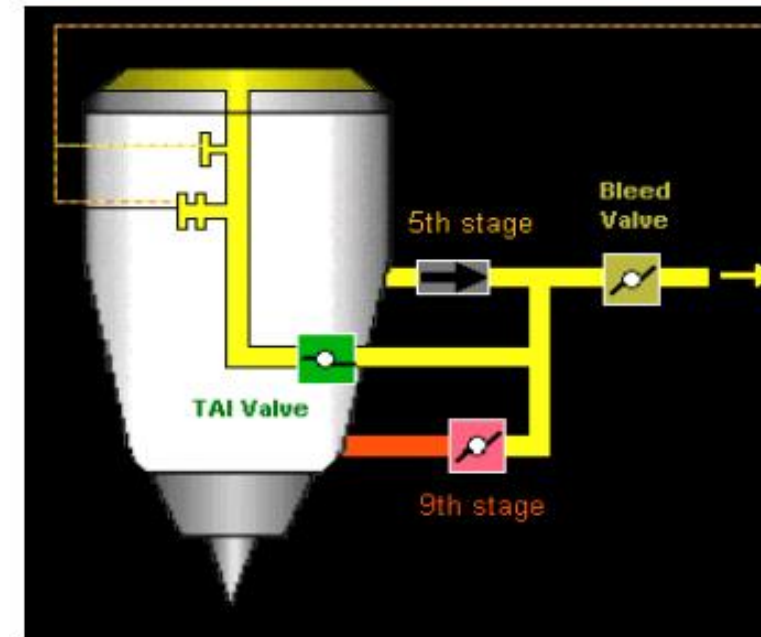
Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Pnömatik sistem havası ile çalışan koruma sistemleri
 - Motor hava giriş kaportası (hava alığı) buzlanma önleyici sistem (***Cowl Anti-Ice***)

Sistem uçuşta veya yerde çalıştırılabilir. Sistem, baş üstü panelinde bulunan bir şalterle çalıştırılır. Sistem çalıştırıldığında thermal anti-ice valve (TAI-ısıl buzlanma önleyici valf) açılır. Motor pnömatik sisteminden elde edilen sıcak hava aktarım borusu ile valfe, oradan da motor hava giriş kaportasına gelir. Burada kaportanın sıcaklığını arttıran hava kaporta altında bulunan bir menfezden geçerek dışarı atılır.

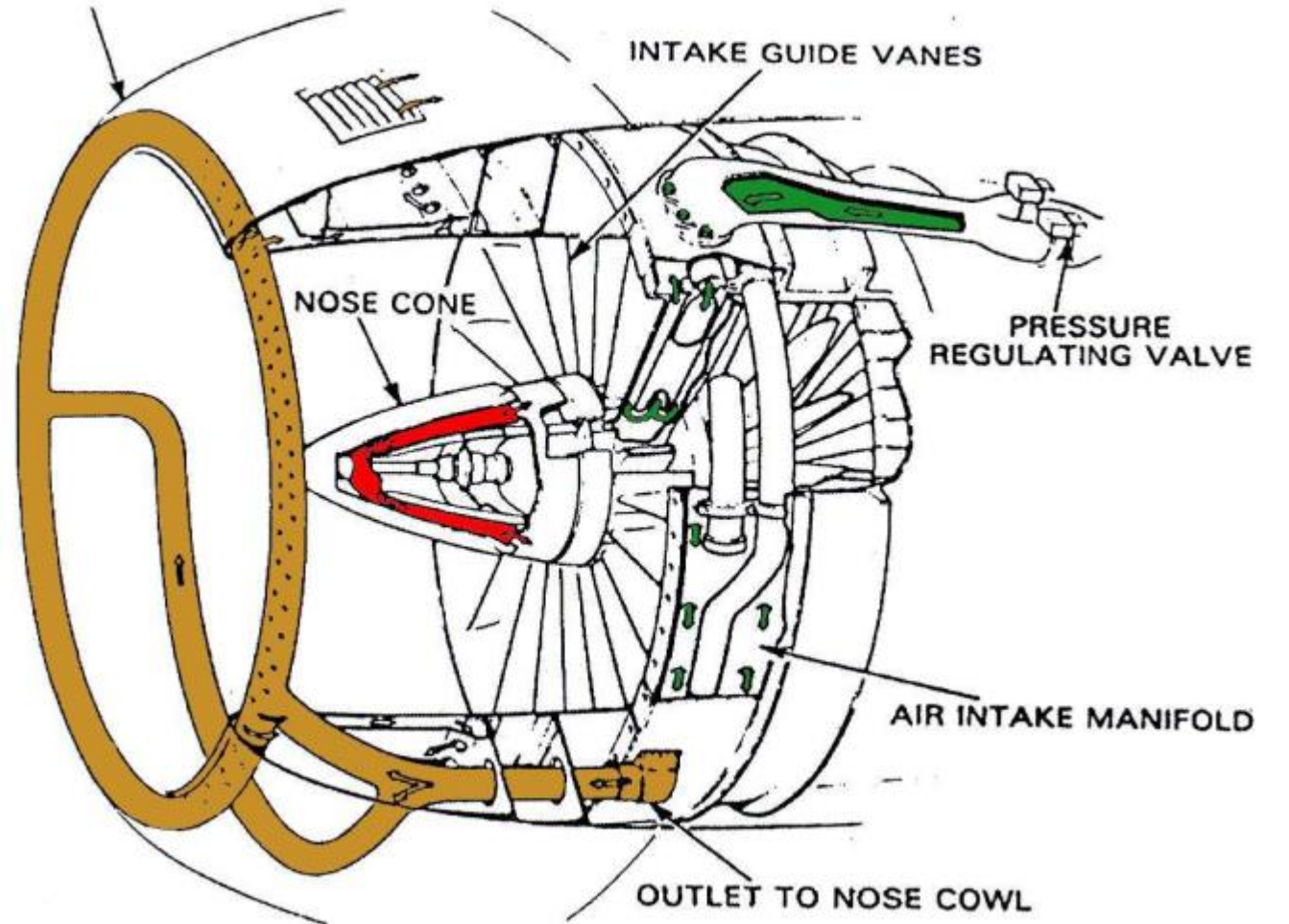
Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- **Pnömatik sistem havası ile çalışan koruma sistemleri**
 - Motor hava giriş kaportası (hava alığı) buzlanma önleyici sistem (***Cowl Anti-Ice***)
- **Isıl Buzlanma Önleyici Valfi (TAI Valve):** Buzlanma önleyici valf, motor kaportasına gönderilen sıcak havanın akışını düzenler. Valf, motor fan kasası üzerine monte edilmiştir. Buzlanma önleme sistemi valfi, elektrikselsel olarak kontrol edilip pnömatik olarak çalıştırılan kelebek tip bir valftir. Kapalı pozisyonda yay yüklüdür. Valf solenoidi kontrol sinyali ile enerjilendiği zaman regülatör basıncı ile valf aktüatörü hareket ettirilir. Bununla beraber valf kelebeği hareket eder.



Anti-Icing / Hot Air / Engine Intake

- Pnömatik sıcak sistem havası ile çalışan koruma sistemi
 - Motor hava alığı ve giriş kenarlarında buzlanma olabilir. Buzlanma motora giren hava miktarını düşürür. Güç kaybı veya motorun durmasına neden olabilir. Kırılan iri buz parçaları motora girip hasar verebilir.
 - *Örnek Görsel:* Turbo jet motorda sıcak hava ile anti-icing

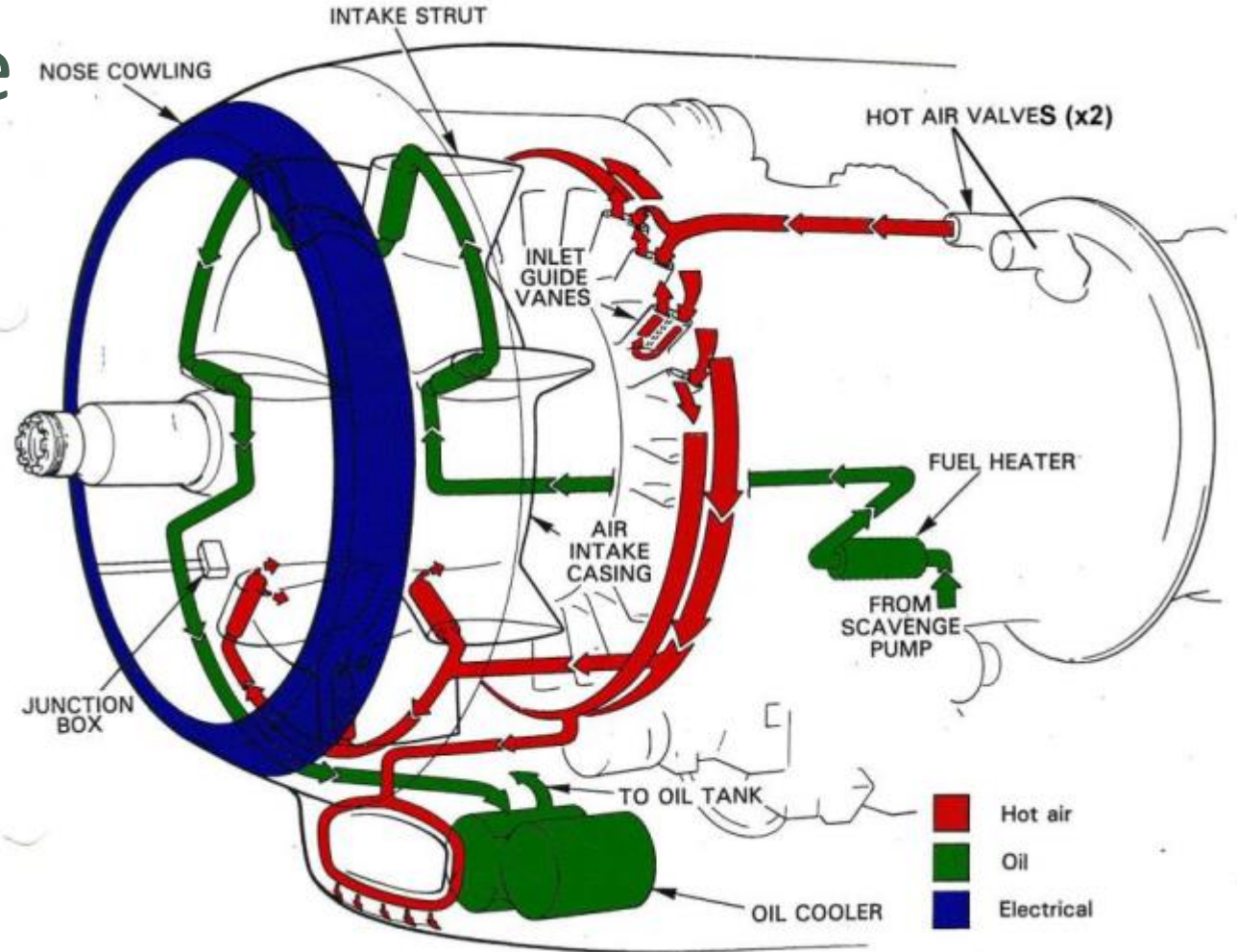
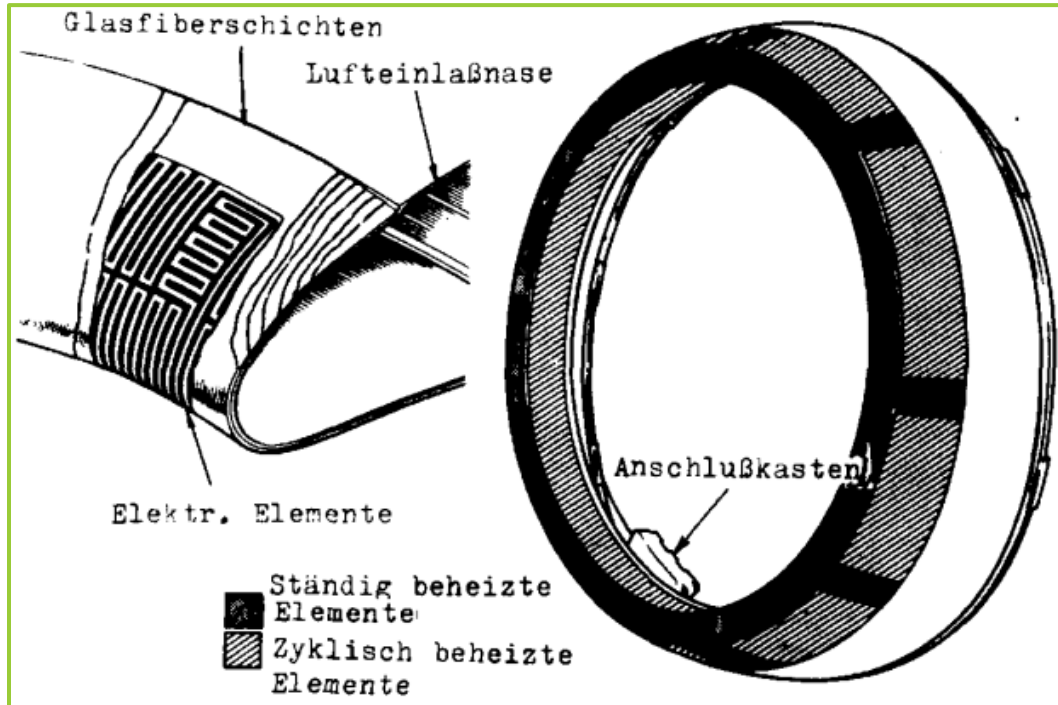


Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Elektrikli
Anti-icing ve De-icing

Anti-Icing / Engine Intake

- *Örnek Görseller:* Turboprop motorda elektrikli termal sistem ile anti-icing



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri (*Electro–Thermal*)
 - Pencere ısıtma sistemi (*Window Heat System*)
 - Sensör ve prob ısıtıcıları (Pitot tüpü, *AOA sensörü)
 - Pervane ve palalardaki ısıtıcılar
 - Küçük boyutlu hava alıklarındaki ısıtıcılar (*Nose cowling*)
 - Kritik noktalardaki ısıtıcılar
 - Su boşaltma borularındaki ısıtıcılar, galley ve WC'ler (*Drain mast heating*)

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

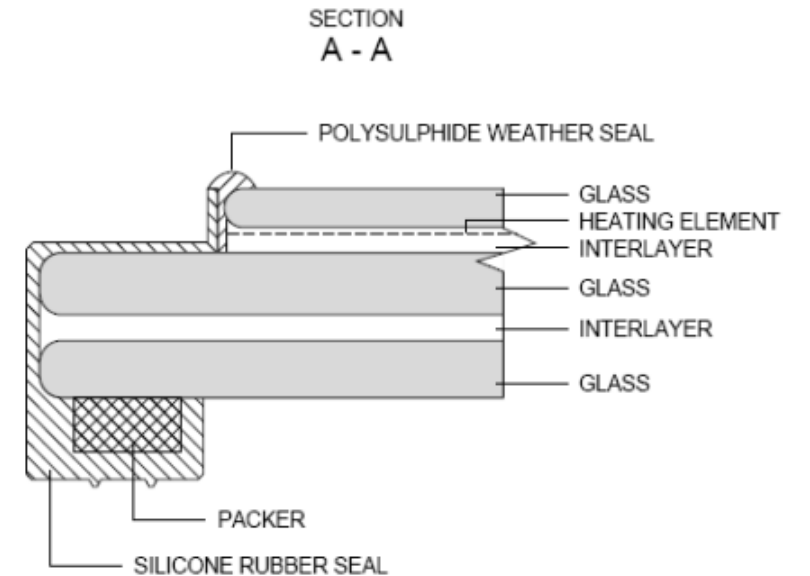
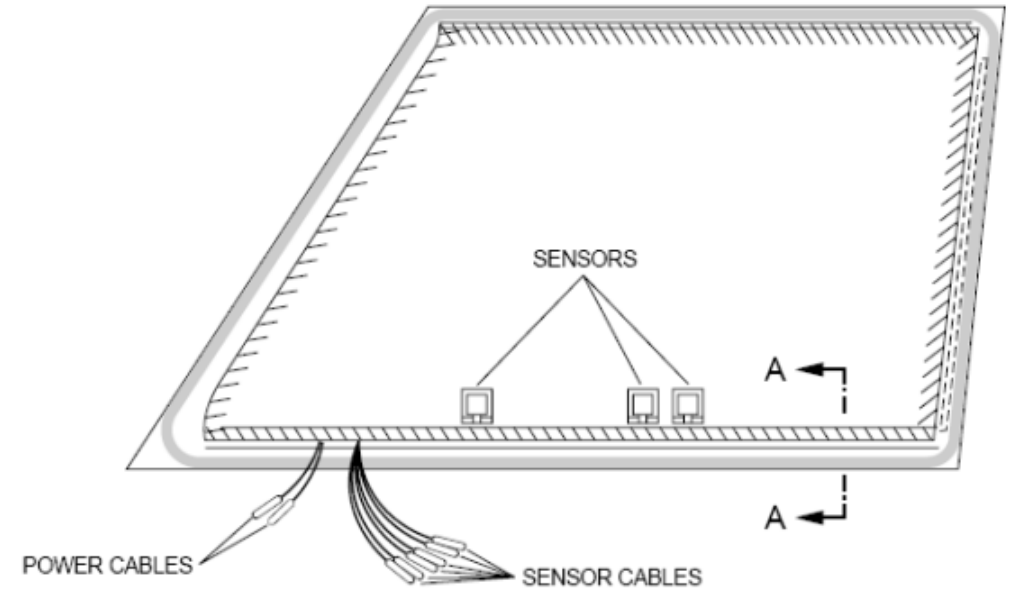
- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
 - Pencere ısıtma sistemi (*Window Heat System*)

Pencere ısıtma sistemi, kokpit pencerelerinde buğu ve buz oluşumunu önler. Sistem pencere yapısında bulunan iletken tabakalar, ısı kontrol üniteleri, kumandalar ve göstergelerden meydana gelmiştir. Dört adet pencere ısı kontrol ünitesi E/E kompartımanında bulunur. Kumandalar, göstergeler ve ısı şalterler uçuş kompartımanındadır.

Kokpit pencerelerinden 1, 2, 4 ve 5 numaralı sağ ve sol pencereler için elektrik güç temin edilir. Pencere ısısı, ısı şalterler ve ısı kontrol üniteleri ile kontrol edilir.

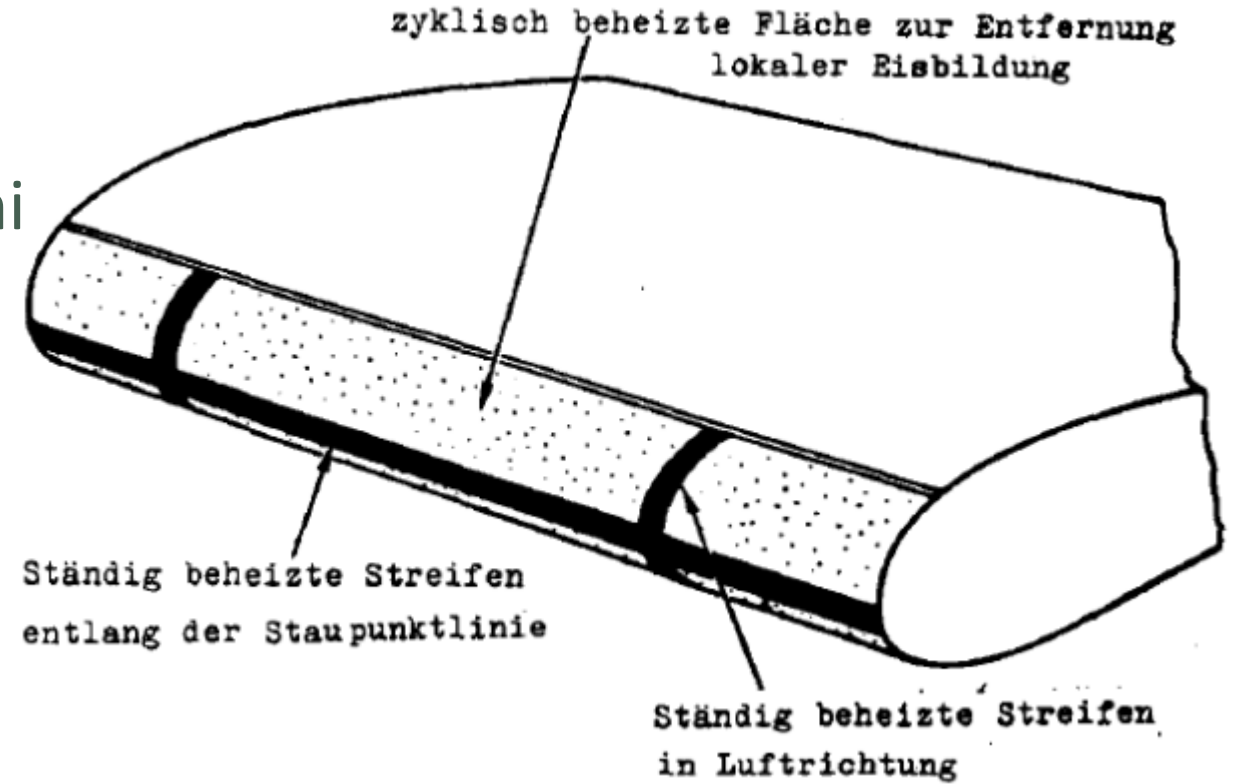
Anti-Icing / Kokpit Camı

- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
 - Pencere ısıtma sistemi (*Window Heat System*)
 - *Örnek Görsel*: Kokpit penceresi ısıtma sistemi ve cam yapısı



De-Icing / Electro-Thermal

- **Örnek Görsel:** Hücüm kenarı elektro-termal (ısıl) de-icing sistemi
- Elektrikli ısıl **anti-icing** kritik noktalar, kokpit camları, sensörler ve küçük hava alıklarında kullanılır.
- Büyük yüzey alanlarında düşük enerji tüketimi sebebiyle elektrikli **de-icing** tercih edilir.



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
 - Kokpit ön cam silecek sistemi (*Windshield Wiper System*)

Ön cam silecek sistemi yağmurlu veya karlı hava koşullarında temiz bir görüş sağlar. Bu silecekler kokpit 1 numaralı camlarının önüne yerleştirilmiştir. Sistem motorlar, dönüştürücüler, silecekler, direnç kutuları ve kumandadan oluşur.

Motorlar, dönüştürücüler ve silecekler P1 ve P3 alet panellerinin önüne yerleştirilmiştir. Direnç kutusuna burun iniş takımı yuvasındaki bir panelden erişim sağlanabilir.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

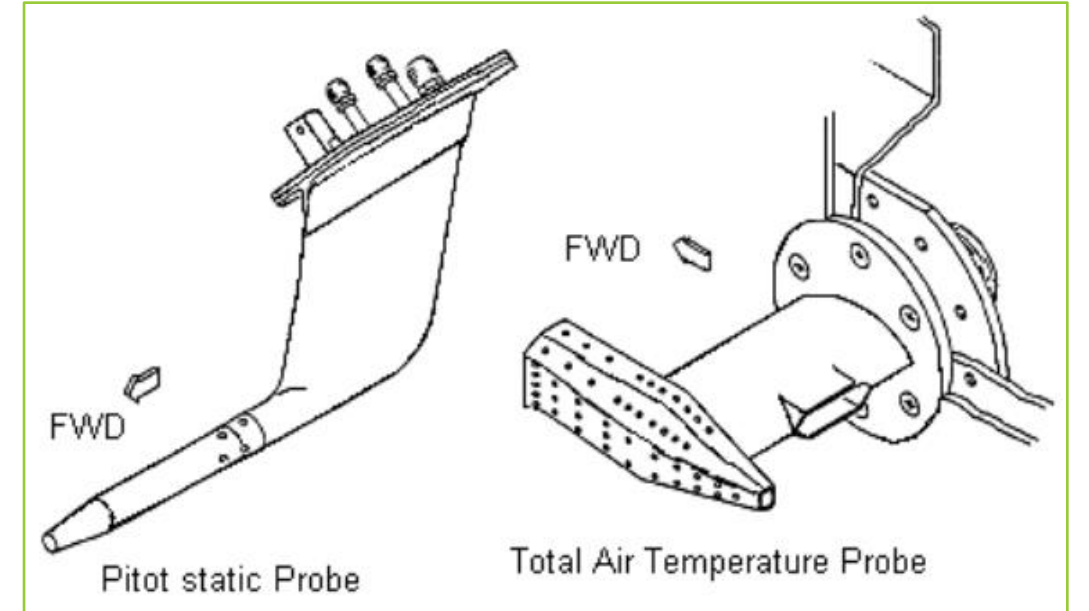
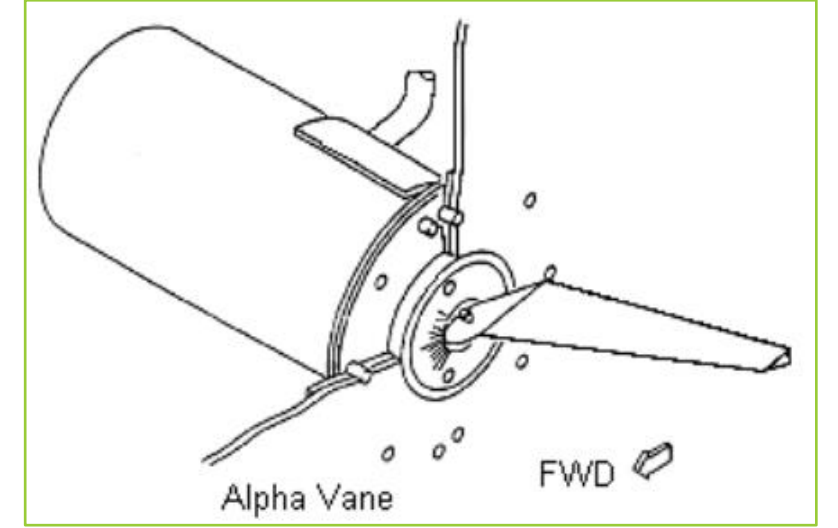
- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
 - Ölçüm problemleri ve sensörlerdeki ısıtıcılar
(Sondalar ve Kanatçıklar / *Probes and Vanes*)

Dinamik statik sondalar, sıcaklık sondası ve alfa kanatçıkları, buzlanma oluşumu ile hissetme doğruluğunun bozulmaması için ısıtılır. Sistem; sonda ve kanatçıkların içindeki ısıtıcı elemanlar, kumandalar ve göstergelerden oluşur.

Dinamik statik sondalar ile bir adet sıcaklık sondası ve alfa kanatçıkları ön gövde sağ ve sol taraflarına yerleştirilmiştir. İki adet dinamik sonda ise dikey stabilizatörde bulunur. Sisteme ait kumanda ve göstergeler uçuş kompartımanındadır. Sonda ve kanatçıklarda buz oluşumunu önlemek için bu elemanlar içlerindeki rezistans tip ısıtıcılarla ısıtılır.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
 - Pitot statik problemleri (*pitot static probes*)
 - Hücüm açısı sensörleri (*alpha vane / AoA sensors*)
 - Hava sıcaklık ölçüm problemleri (*total air temperature probes*)



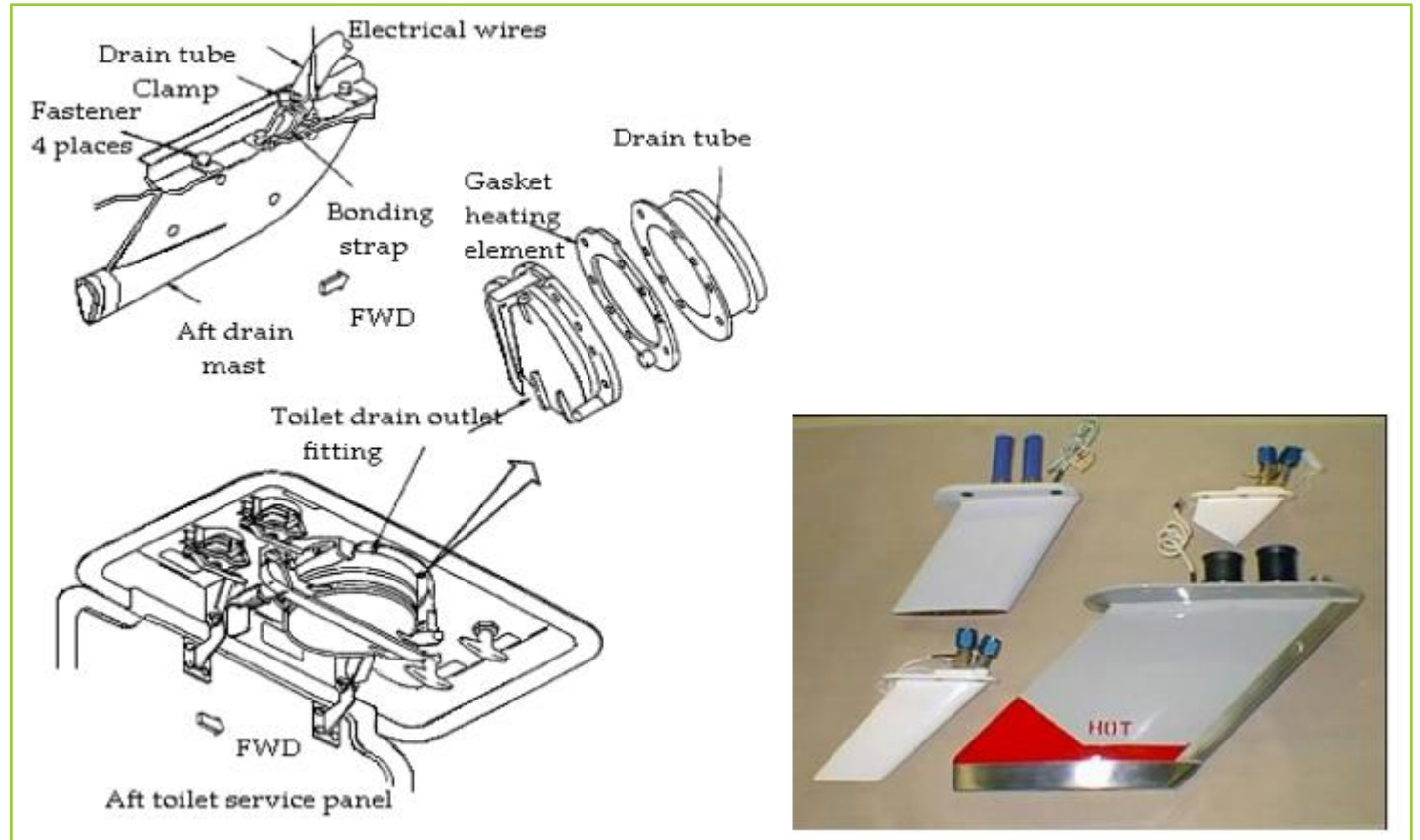
Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
 - Boşaltma buzlanma önleyici sistem (*Drain Anti-Icing System*)

Boşaltma buzlanma önleme sistemi, tuvalet ve lavabolara ait boşaltma noktalarındaki buz oluşumunu önler. Sistem, boşaltma noktalarındaki elektriksiz ısıtıcılardan oluşur. Bu ısıtıcılar her tuvalet boşaltma noktasına ve boşaltma çubuğuna yerleştirilmiştir. Sistem uçuşta otomatik olarak ve yerde elektrik hazır olduğunda çalışır.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Elektrik ile çalışan koruma sistemleri
(*Drain Anti-Icing System*)
 - Elektrikle ısıtılan boşaltma (*drain mast*) portları



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

*Kimyasal
Korunma*

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Kimyasal koruma sistemleri
 - Yağmur uzaklaştırıcı sistem (*Rain Repellent System*)

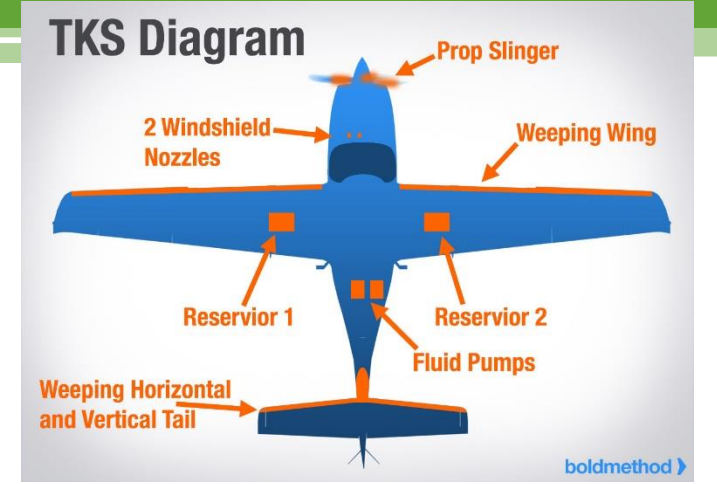
Yağmur uzaklaştırıcı sistem, silecekler ile birlikte kullanıldığında kötü hava koşullarında 1 numaralı kokpit pencerelerinde görüşü artırır. Sistem bir püskürtme sıvısı kabı, valfler, püskürtme memeleri ve kumandadan oluşur.

Sıvı kabı uçuş kompartımanı arka sol duvarındadır. Sistem kumandaları uçuş kompartımanındadır. Valfler alet panellerinin önündedir. Püskürtme memeleri uçak kaplamasının dışında, 1 numaralı camlarının önünde bulunur.

Özel püskürtme sıvısı cama temas ettiğinde camı kaplar ve yüksek yüzey gerilimi sayesinde su damlalarının cam üzerinde kaymasını sağlar. Sıvı, orta ve yüksek dereceli yağmur şartlarında kullanılır. Sıvı cama püskürtüldüğünde silecek ve hava akımı sayesinde ince bir tabaka oluşur. Bu durum temiz görüş sağlar.

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Kimyasal koruma sistemleri



- Bazı uçak modelleri, özellikle tek motorlu genel havacılık uçakları, pervaneler için kimyasal buz çözme sistemi kullanır. Buz genellikle kanatta oluşmadan önce pervanede belirir. Glikol bazlı sıvı, bir tanktan elektrikle çalışan küçük bir pompa ile bir mikro filtre aracılığıyla pervane göbeği üzerindeki askı halkalarına yönlendirilir.
- Pervane sistemi bağımsız bir sistem olabileceği gibi TKS™ (*Tecalet-Kilfrost-Sheepbridge Stokes*) damlama sistemi gibi kimyasal kanat ve stabilizatör buz çözme sisteminin bir parçası da olabilir.

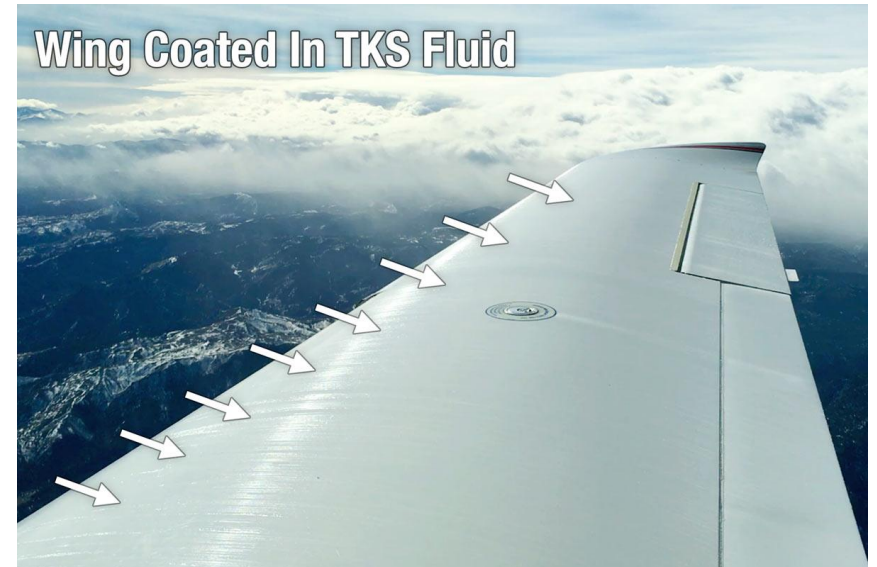
Kaynak: <https://www.aircraftsystemstech.com/2017/05/propeller-deice-system.html>

<https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/systems/how-a-tks-anti-ice-system-works/>

Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Kimyasal koruma sistemleri

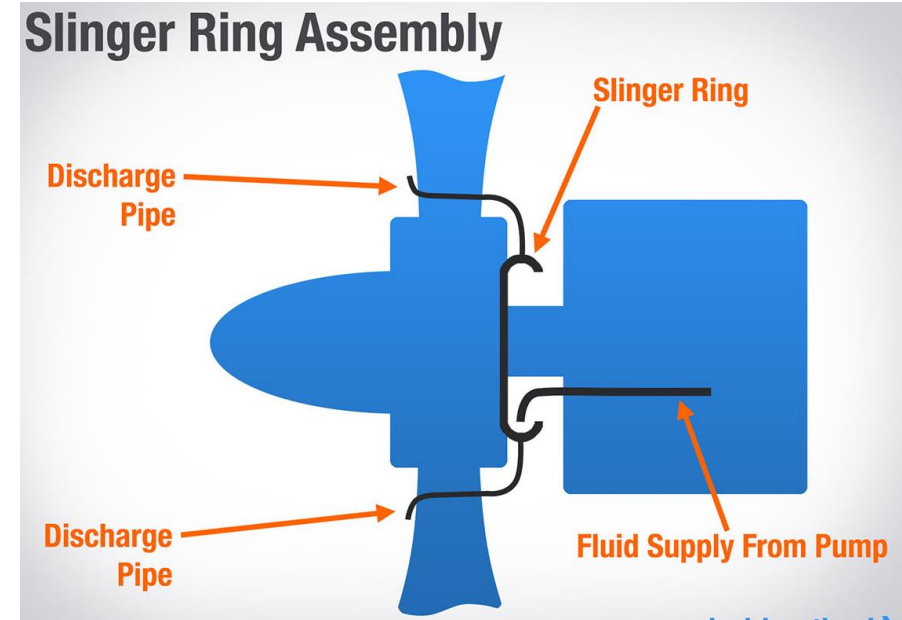
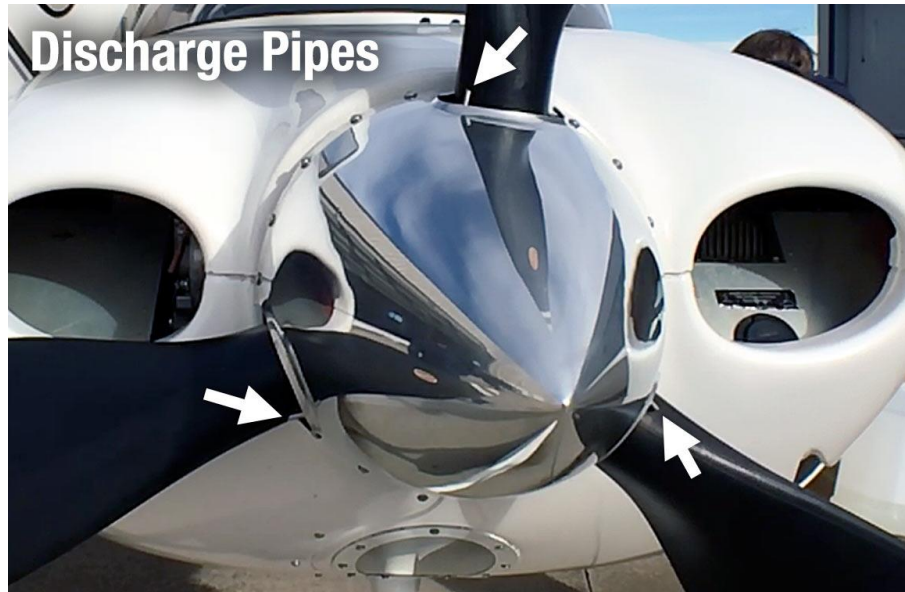
- TKS sistemi: Rezervuar tankları TKS sıvısını tutar. Buradan bir pompa (veya pompalar), sıvıyı kanallardan geçerek uçağın titanyum hücum kenarlarına doğru zorlar. Hücum kenarlarında sıvının kontrollü bir oranda damlamasını sağlayan binlerce küçük delik açılmıştır. Uçağın etrafından akan hava, sıvıyı hücum kenarlarına dağıtır ve sıvıyı uçağın yüzeyleri boyunca geri yuvarlayarak, buzun yüzeylere yapışmasına izin vermeyecek koruyucu bir filmle kaplanmasını sağlar.



Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

Kimyasal koruma sistemleri / Pervaneler

- Pervaneler 'fırlatma halkası' (*slinger ring*) adı verilen bir parçadan faydalanır. Pompa, sıvıyı bir tüp içinden pervanenin hemen arkasındaki yivli metal halkanın iç kısmına iter. Halka, pervane kadar hızlı döndüğü için, sıvı, halkada açılan deliklerden, ardından boşaltma boruları adı verilen tüplerden ve pervanenin ön kenarından dışarı akar. Sabit bir sıvı akışı sağlanarak pervane glikol ile kaplı kalır ve buz yüzeyde tutunup yapışamaz.

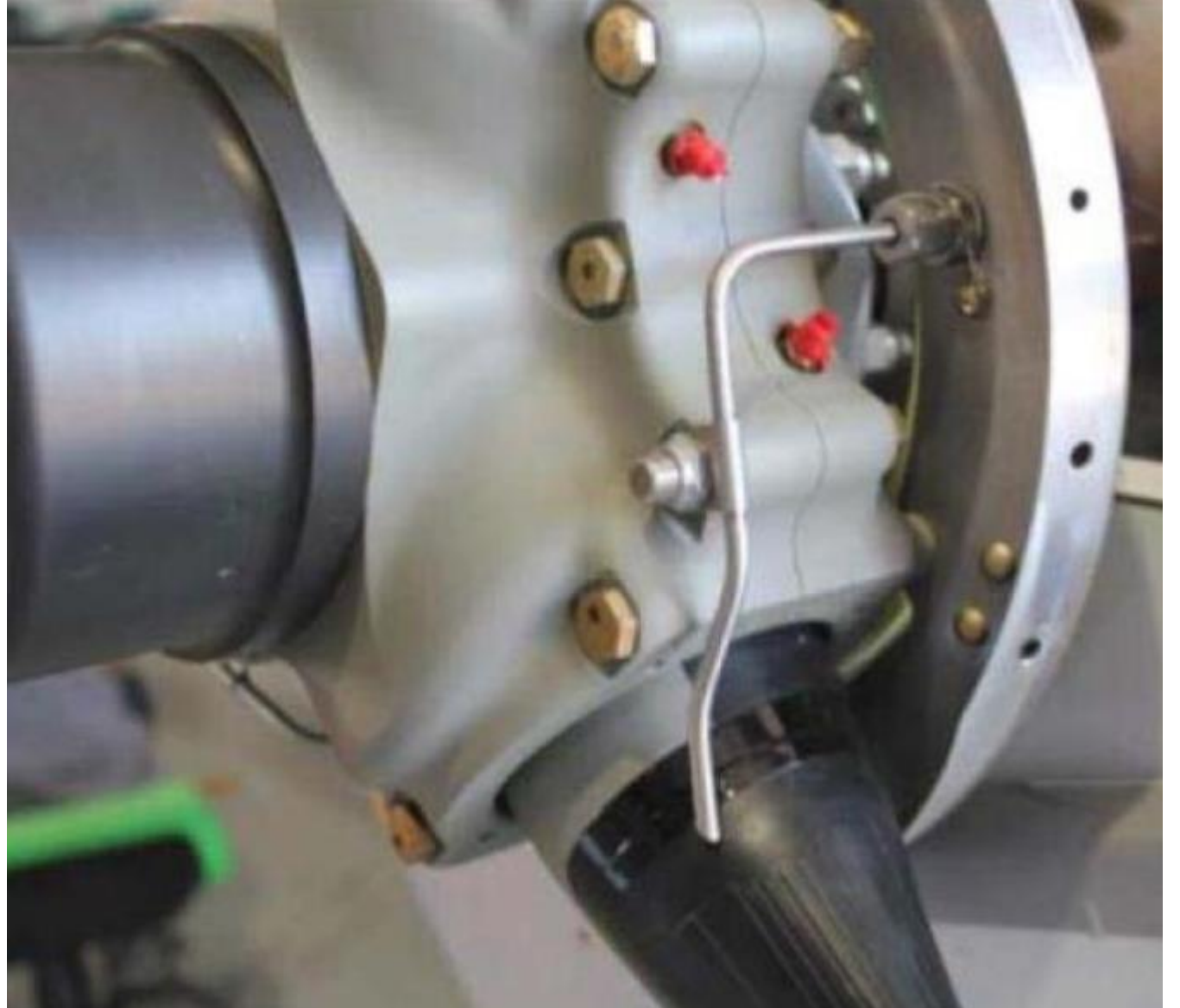


Buz ve Yağıştan Korunma Sistemi

- Kimyasal koruma sistemleri

Örnek Görsel:

Pervanede buz önleyici kimyasal sıvı ile de-icing Merkezkaç kuvvet ile *de-icing* sıvısı pala üzerindeki kanallar boyunca dağıtılır



Kaynak: (.pdf)

- **Buz Önleme ve Yağmurdan Korunma Sistemleri (MEGEP)**
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Buz%20%C3%96nleme%20Ve%20Ya%C4%9Fmurdan%20Korunma%20Sistemleri.pdf