

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**UÇAK BAKIM**

**PERVANE BAKIMI  
525MT0058**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

# İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AÇIKLAMALAR .....                                                                                                  | iii |
| GİRİŞ .....                                                                                                        | 1   |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....                                                                                          | 3   |
| 1. STATİK VE DİNAMİK Dengeleme .....                                                                               | 3   |
| 1.1. Statik ve Dinamik Dengeleme .....                                                                             | 3   |
| 1.1.1. Statik Balans .....                                                                                         | 4   |
| 1.1.2. Dinamik Balans .....                                                                                        | 5   |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....                                                                                           | 6   |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                                                                       | 9   |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....                                                                                          | 10  |
| 2. BLADE TRACKING .....                                                                                            | 10  |
| 2.1. Blade Tracking.....                                                                                           | 10  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....                                                                                           | 12  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                                                                       | 14  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....                                                                                          | 15  |
| 3. PERVANE PİTCH KUMANDASI BLADE HASARI, EROZYON, KOROZYON,<br>ÇARPMA HASARI, DELAMINASYON DEĞERLENDİRMELERİ ..... | 15  |
| 3.1. Blade Hasarı.....                                                                                             | 15  |
| 3.2. Erozyon, Korozyon, Çarpma Hasarı, Delaminasyon Değerlendirmeleri.....                                         | 17  |
| 3.2.1. Korozyona Etki Eden Başlıca Faktörler .....                                                                 | 18  |
| 3.2.2. Korozyon Türleri .....                                                                                      | 18  |
| 3.2.3. Korozyon Önleme İşlemleri .....                                                                             | 19  |
| 3.2.4. Korozyon Önleme Metotları.....                                                                              | 19  |
| 3.2.5. Korozyon Dereceleri.....                                                                                    | 19  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....                                                                                           | 20  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                                                                       | 23  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-4 .....                                                                                          | 24  |
| 4. PERVANE BAKIM/TAMİR USULLERİ.....                                                                               | 24  |
| 4.1. Pervane Bakımı .....                                                                                          | 24  |
| 4.1.1. Günlük Bakım.....                                                                                           | 24  |
| 4.1.2. 100 Saatlik Periyodik Bakım .....                                                                           | 24  |
| 4.1.3. Özel Muayene .....                                                                                          | 27  |
| 4.2. Pervane Tamir Usulleri .....                                                                                  | 27  |
| 4.2.1. Balans Gerektirmeyen Tamirler .....                                                                         | 28  |
| 4.2.2. Balansı Gerektiren Tamirler .....                                                                           | 28  |
| 4.2.3. Pervane Temizliği.....                                                                                      | 29  |
| 4.2.4. Pervanenin Buzdan Korunması .....                                                                           | 30  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....                                                                                           | 31  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                                                                       | 34  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-5 .....                                                                                          | 35  |
| 5. PERVANE MOTOR ÇALIŞMASI.....                                                                                    | 35  |
| 5.1. Pervane Motor Çalışması .....                                                                                 | 35  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....                                                                                           | 42  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....                                                                                       | 44  |
| MODÜL DEĞERLENDİRME .....                                                                                          | 45  |

---

|                        |    |
|------------------------|----|
| CEVAP ANAHTARLARI..... | 46 |
| KAYNAKÇA.....          | 48 |

## AÇIKLAMALAR

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>KOD</b>                                     | <b>525MT0058</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ALAN</b>                                    | <b>Uçak Bakım</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>DAL/MESLEK</b>                              | <b>Uçak Gövde-Motor</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>MODÜLÜN ADI</b>                             | <b>Pervane Bakımı</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>MODÜLÜN TANIMI</b>                          | Uçaktaki pervanenin statik ve dinamik dengeleme blade tracking, blade hasarı, erezyon, korozyon, çarpma hasarı, pervane motor çalışması bakımını yapabileceğiniz öğrenme materyalidir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>SÜRE</b>                                    | 40/32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>ÖN KOŞUL</b>                                | Pervane Yapısı modülünde başarılı olmak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>YETERLİK</b>                                | Pervane Bakımı modülü ile pervanenin onarımını yapmak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>MODÜLÜN AMACI</b>                           | <p><b>Genel Amaç</b></p> <p>Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında bakım dokümanlarında (AMM) belirtildiği şekilde pervane onarımını yapabilecektir.</p> <p><b>Amaçlar</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Statik ve dinamik dengeleme işlemlerini bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.</li><li>2. Pervane kanadı iz blade tracking kontrolü bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.</li><li>3. Pervane kanadı blade hasarlarını tekniğine uygun değerlendirebileceksiniz.</li><li>4. Pervane onarımını bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.</li><li>5. Pervane motor çalışmasını bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde hatasız olarak kontrol edebileceksiniz.</li></ol> |
| <b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b> | <p><b>Ortam:</b> Atölye, işletme, internet ortamı, teknoloji sınıfı, kütüphane, uçak firmaları</p> <p><b>Donanım:</b> Uçak bakım katalokları, el aletleri, ölçü aletleri, bilgisayar, projeksiyon cihazı, VCD, DVD, tepegöz, eğitim maketleri</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>                  | <p>Modül içinde her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.</p> <p>Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

# GİRİŞ

**Sevgili Öğrenci,**

İnsanlarda kuşlar gibi uçuş arzusunun başladığı çok eski tarihlerden beri yapılan çeşitli uçuş girişimleri bir tarafa bırakılırsa asıl anlamda ilk uçuşlar 20.yy. da gerçekleştirildi. Yerçekimi kuvvetini mekanik enerjiyle yenme prensibine dayanan uçaklar kısa zamanda hızla geliştirildi. Planör, helikopter ve otokopter tipi uçuş araçları da uçağın havada kalma prensibine dayanır. Kaldırma kuvveti, uçan aracın sahip olduğu mekanik enerji vasıtasıyla kanat denilen kaldırma yüzeylerinde meydana gelir. Balon ve zeplinlerdeyse kaldırma kuvveti, havadan hafif gazların hava içinde yükselmesiyle oluşur.

29 Temmuz 1950’de turboprop motorlu bir yolcu uçağı olan Vickers Viscount ile dünyanın ilk tarifeli yolcu uçağı seferine başladı. 19 Aralıkta 1957’de ise turboprop motorlu bir yolcu uçağıyla ilk transatlantik yolcu seferi yapıldı. Yeni nesil turboprop motorların gürültü ve titreşim oranları düşük, hızlı turboprop uçaklar bu açıdan hava yollarına birçok avantaj sunmaktadır. Kısa uçuşlarda jetlerle aynı sürede uçan turbopropların yakıtın dışında bakım, finans ve ekip maliyetleri açısından da jetlere oranla çok daha cazip maliyetlere sahiptir.

Turboprop sistemler de pervaneyi gaz türbinleri çevirir. Turboprop motorlar pistonlu motorlardan daha yükseklerde ve daha hızlı uçuşa elverişlidir. Çoğunlukla nakliye ve yolcu uçaklarında kullanılır. Helikopterlerde de aynı sistem vardır. Pervane yerine helikopter motoru çalıştırılır. Gaz türbinlerinin gücü günümüzde 500 şaft beygir gücünün üzerinde yapıldığından hafif uçaklarda pek kullanılmamaktadır. Türbinle pervane arasında verimin üst düzeyde olması için devir düşüren bir dişli kutusu bulunur. Güçleri on bin şaft beygir gücüne kadar çıkar ve jet yakıtı kullanılır.

Pervaneli uçaklar jetlerden daha kısa pistlere inip-kalkabilir ve kısa zamanda uçuşa hazır hâle getirilir. Jetlere oranla ortalama % 25 daha az yakıt harcayan pervaneli uçaklar, düşük maliyetleriyle birçok hava yolu tarafından özellikle kısa menzilli uçuşlarda tercih ediliyor.

Bu modülü başarı ile tamamladığınızda pervanenin bakım işlemlerini bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında statik ve dinamik dengeleme işlemlerini bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Uçaklarda statik ve dinamik dengeleme işlemini araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

## 1. STATİK VE DİNAMİK DENGELEME

### 1.1. Statik ve Dinamik Dengeleme

Uçakların uçuş özellikleri doğrudan doğruya ağırlık ve denge durumlarına bağlıdır. İstikrarlı bir uçuş yapılabilmesi için denge durumu birinci dereceden önemlidir. Helikopterde teorik olarak tüm ağırlıkların toplandığı kabul edilen ve dengede tutabilen bir nokta mevcuttur. Bu noktaya ağırlık merkezi denir. Uçak uzunluk ekseninden geçen dikey düzleme göre simetrik olmalıdır. Ağırlık merkezi normal limitlerin dışına çıkarsa uçakta istikrarsız uçuş meydana gelir ve kumandalar güçleşir. Doğru bir şekilde ağırlık merkezini saptamak için belli zaman aralıklarında helikopter tartıya alınmalıdır.

Uçaklarda dönen palelerin dönüş sırasında anormal titreşimler yapmaması için paller üretim sırasında ve üretimden sonra statik ve dinamik olarak balans yapılır. Statik balansa örnek ve master bir pale göre ağırlık merkezi içine ağırlıklar konularak veya çıkarılarak istenen düzeye ve bölgeye getirilir. Raillerin üretimi sırasında da hatve eksen etrafında balansı hücum kenarına ağırlık konarak yapılır.

Dinamik balansa ise "Whirl Tower" denilen bir elektrik motoru ve dişli kutusuyla sabit bir yere bağlanmış bir sistemde gerçek bir rotor sistemine bağlı palier döndürülerek titreşimleri ve balans bozukluğunun büyüklüğü yeri tespit edilir. Bu bozukluk palin uçlarında, hücum kenarlarında bulunan bölgelere ağırlık ekleyerek veya çıkartarak giderilir. Kullanıcı seviyesinde ise eğer uçuşta ve yerde rotorlardan aşın titreşim geliyorsa ya da herhangi bir nedenle pallerden biri veya birkaçı değiştirildiyse rotor sistemine helikopter üzerinde balans uygulanır. Paller belli bir devirde dönerken, otomobil tekerlerinde olduğu gibi titreşimi ve balans bozukluğunu ölçen cihazlarla bozukluğun yeri belirlenir. Rotorun gerçek dönüş devri yerden veya helikopterin içinden stroboskoplara ölçülürken buna bağlı titreşim ölçer bir cihaz da rotordaki balans bozukluğunu gösterir. Railerin rotor bağlantı noktalarına (bilgisayarlı cihazın gösterdiği tarafa) belirli ağırlıkta rondelalar (pul) eklenerek



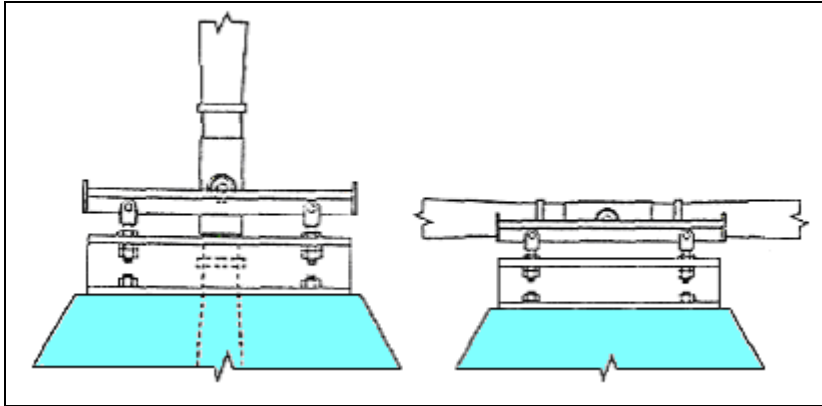
veya çıkartılarak rotorun balansı yapılır. Bazı modern helikopterlerde balans ve tracking cihazı helikoptere entegredir. Etrafında döndüğü göbek eksenine pervane eksenini, pala uçlarının iz düşümü olan daire çemberinin çapına ise pervane çapı adı verilir. Statik ve dinamik balans pervane makinelerinde ve pervanede doğru pervane balansı yapılması zorunludur. Herhangi bir zamanda yapılan bakım tamir ve eklemeler veya ağırlık eksilmesi yapıldığında pervane balansı kontrolü zorunludur. Örneğin ağaç bir pervaneye düzgün olmayan yeni bir vernik atılırsa bir dengesizlik yaratır. Örneğin metal bir kanat uç zararlarında dolayı kısalsın balansı korunması için, karşı kanatta da kısalmalar gerekir

Pervanedeki balans statik ve dinamik balans olarak ikiye ayrılır. Bir pervanedeki statik balans pervane ağırlık merkezi ile dönüş ekseninin birbirine uygun olmasıdır. Diğer yandan dinamik balans ise döner pervanelerin ağırlık merkezi ile dönme düzleminin aynı olmasıdır.

### 1.1.1. Statik Balans

Statik balans ayarlamasında kullanılan yöntemler, pal kenarı ve asma metotlardır. Bu iki metottan pal kenarı metodu basit ve daha doğru bir metottur. Bir pervane balansında pal kenarı metodu kullanılır ise bu bir duruş testi olup iki çelik sertleştirilmiş kenar kullanılır. İlâveten test duruşu, serbest bir odada veya bölgede hava hareketi veya ağır titreşim hareketine müsait olmalıdır.

Duruş testi ile pervane yatay ve düşey balansı kontrol edilir. İki kanatlı bir pervane yatay balansı için bir kanat düşey pozisyona getirilir. Sonra kontrolü yapılan düşey pozisyondaki kanat diğeriyle yer değiştirerek aynı kontroller yapılır. Eğer pervane düşey balansı ne olursa olsun düşey pozisyonda duruyorsa kanat derecesi yukarı doğru olmalıdır. Diğer bir yandan düşey dengesizlik varsa pervanenin yatay bir pozisyon içinde kafan miktarı meyilli hâle getirilir.



Şekil 1.1: Balan cihazı

İki kanatlı bir pervane yatay balans kontrolü için montajda, pervane yatay bir durumda her iki kanat dümdüz dışa doğru takılır. Pervane yatay balansında yatay pozisyonda durur. Eğer yatay bir dengesizlik varsa bir kanat aşağı hareket nedeniyle düşey kısım içinde kalan kısmı gelecek şekilde yöneltir. Uçak pallerinin dönüş sırasında titreşim yapma maları için statik olarak bir aparat üzerinde balansı yapılır.

### 1.1.2. Dinamik Balans

Bir pervanedeki dinamik balans, pervane elemanlarının ağırlık merkezine göre benzerlik göstermeleridir. Örneğin pervane kanatlar aynı dönüş düzleminde döndürülür. Bir pervane kanadındaki bir yersiz kütle dağılımı limit sınırları içindeyse yaptığı dinamik dengesizlik ihmal edilir.

Pervane montajı boyunca makine kolu çok kısa çaplarla karşılaştırılır. Diğer gerçek bir sebep, kanat izleri düz dikey eksen çizgisiyle aynı olmalıdır. Dinamik balans düzeni modern metotlarla kontrol edilirken pervane döndürülür ve uygun ekipmanlarla uçak üzerinde kurulur. Makine çalıştırılır elektronik uyarı elemanları ve pin noktalan bölgesel dengesizliği bulur, ilaveten test ekipmanları doğru durumdaki ağır düzenini hesaplar.

Uçak pallerinde "Whirl Tower" denilen, helikopterin motor gücünde ve devrinde palleri döndürerek çıkan titreşime göre balans için hangi pale ne kadar ağırlık eklenip çıkartılacağını belirten cihazlarla "Dinamik Balans" yapılır. Paller helikoptere takıldıktan sonra tekrar balans yapılır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Pallerin dinamik balans işlemini yapınız.

| İşlem Basamakları                                                                                      | Öneriler                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ➤ Gerekli emniyet kurallarına uyunuz.                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli olmasına dikkat ediniz.</li> <li>➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.</li> <li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.</li> <li>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</li> </ul> |
| ➤ Pervane kanatlarını aynı dönüş düzleminde döndürünüz.                                                | ➤ Bir pervane kanadındaki bir yersiz kütle dağılımı limit sınırları içerisindeyse yaptığı dinamik dengesizlik ihmal ediniz.                                                                                                                                                      |
| ➤ Pervane montajı boyunca makine kolu çok kısa çaplarla karşılaştırınız.                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sökülen pervaneyi yerleştirmek için iş tezgâhını hazırlayınız.</li> <li>➤ Çalışma alanında yangın tehlikesi oluşturacak herhangi bir cihazın çalışmadığından emin olunuz.</li> </ul>                                                    |
| ➤ Kanat izleri düz dikey eksen çizgisiyle aynı olması gerekir. Aynı olup olmadığına dikkat ediniz.     | ➤ Çalışma alanında yangın tehlikesi oluşturacak herhangi bir cihazın çalışmadığından emin olunuz.                                                                                                                                                                                |
| ➤ Pervaneyi döndürünüz ve uygun ekipmanlarla uçak üzerinde kurunuz.                                    | ➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.                                                                                                                                                                                                                             |
| ➤ Makineyi çalıştırınız.                                                                               | ➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.                                                                                                                                                                                                                                              |
| ➤ Elektronik uyarı elemanları ve pin noktaları bölgesel dengesizliği bulup bulmadığını kontrol ediniz. | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ölçü yapılacak parçaların temizliğine dikkat ediniz.</li> <li>➤ Ölçü aletlerinin uygunluğunu kontrol ediniz.</li> <li>➤ Kontroller sonunda pervane sistemi bakım kitabındaki ölçüler dışındaki parçaları değiştiriniz.</li> </ul>       |
| ➤ Test ekipmanları doğru durumdaki ağır düzenini hesaplayıp hesaplamadığını kontrol ediniz.            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli olmasına dikkat ediniz.</li> <li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.</li> </ul>                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <p>➤ Uçağın pallerinde "Whirl Tower" denilen helikopterin motor gücünde ve devrinde palleri döndürerek çıkan titreşime göre balans için hangi pale ne kadar ağırlık eklenip çıkartılacağını belirten cihazlarla "Dinamik Balans" yapınız.</p>  | <p>➤ Balans ağırlıklarının miktarını ve yerlerini not ediniz.</p> |
| <p>➤ Paller Uçağa takıldıktan sonra tekrar balans yapınız.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.</p>       |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri                                                                                     | Evet | Hayır |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1. Güvenlik önlemlerini aldınız mı?                                                                         |      |       |
| 2. İşlem basamaklarını tespit ettiniz mi?                                                                   |      |       |
| 3. Çalışma ortamının temiz ve düzenli olmasını sağladınız mı?                                               |      |       |
| 4. Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırladınız mı?                                                    |      |       |
| 5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?                                                          |      |       |
| 6. Pervane kanatlarını aynı dönüş düzleminde döndürdünüz mü?                                                |      |       |
| 7. Pervane montajı boyunca makine kolu çok kısa çaplarla karşılaştırdınız mı?                               |      |       |
| 8. Kanat izlerinin düz dikey eksen çizgisiyle aynı olup olmadığına dikkat ettiniz mi?                       |      |       |
| 9. Pervaneyi döndürüp ve uygun ekipmanlarla uçak üzerinde kurdunuz mu?                                      |      |       |
| 10.Makineyi çalıştırdınız mı?                                                                               |      |       |
| 11.Elektronik uyarı elemanları ve pin noktaları bölgesel dengesizliği bulup bulmadığını kontrol ettiniz mi? |      |       |
| 12.Test ekipmanları doğru durumdaki ağır düzenini hesaplayıp hesaplamadığını kontrol ettiniz mi?            |      |       |
| 13.Pale ne kadar ağırlık eklenip çıkartılacağını belirten cihazlarla "Dinamik balans" yaptınız mı?          |      |       |
| 14.Palleri uçağa takıldıktan sonra tekrar balans yaptınız mı?                                               |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Uçakta teorik olarak tüm ağırlıkların toplandığı kabul edilen ve dengede tutabilen bir nokta mevcuttur. Bu nokta aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Pervane  
B) Motor  
C) Ağırlık merkezi  
D) Türbin
2. Uçaklarda dönen palelerin dönüş sırasında anormal titreşimler yapmaması için paller üretim sırasında ve üretimden sonra aşağıdakilerden hangisi yapılır?  
A) Hucum açısı ayarlanır  
B) Kesit konum açısı ayarlanır.  
C) Alçak blade açısı ayarlanır.  
D) Statik ve dinamik olarak balans ayarı yapılır.
3. Rotorun gerçek dönüş devri yerden veya helikopterin içinden ne ile ölçülür?  
A) Stroboskop  
B) Osiloskop  
C) Komparator  
D) Mikrometre
4. Bir pervanedeki statik balans için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?  
A) Kesit konum açısı ile dönüş eksenin bir birine uygun olmasıdır.  
B) Hucum açısı ile dönüş eksenin birbirine uygun olmasıdır.  
C) Uçağın ileri doğru hareketi ile dönüş eksenin birbirine uygun olmasıdır.  
D) Pervane ağırlık merkezi ile dönüş eksenin birbirine uygun olmasıdır.
5. Bir pervanedeki dinamik balans için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?  
A) Döner pervanelerin ağırlık merkezi ile dönme düzleminin aynı olmasıdır.  
B) Uçağın ileri doğru hareketi ile dönüş eksenin bir birine uygun olmasıdır.  
C) Uçağın geriye doğru hareketi ile dönüş eksenin bir birine uygun olmasıdır.  
D) Pervane ağırlık merkezi ile dönüş eksenin bir birine uygun olmasıdır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında pervane kanadı iz "blade tracking" kontrolü bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.

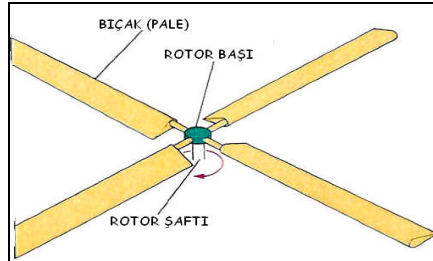
## ARAŞTIRMA

- Pervane kanadı iz "blade tracking" kontrolünü araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

## 2. BLADE TRACKING

### 2.1. Blade Tracking

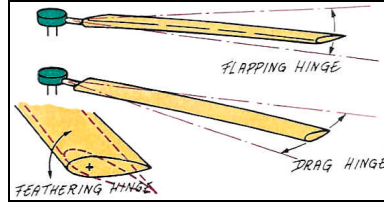
Rotor tracking pal uçlarının dönüş sırasında izlediği yolun düzgünlüğü için yapılan ayardır. Her bir pal ucu aynı noktadan aynı yükseklikte (o sırada bir kumanda verilmediği takdirde) geçmelidir.



Şekil 2.1: Paller (iki ya da daha çok)

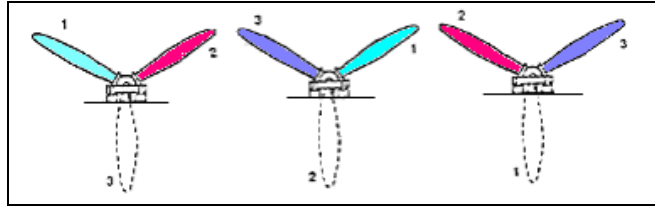
Bir rotor temel üç parçadan oluşur: Rotor şaftı (güç ünitesine bağlıdır.), rotor başı (rotor şaft ve bıçağının bağlandığı yerdir.) ve pallerden meydana gelir. Paller rotor başına menteşe (veya esnek bölümler) ile bağlanır ve palin hareketlerine izin verir.

- Dikey düzlem (flap menteşesi)
- Dönme düzlemi (sürüklemeye menteşesi)
- Boylamsal düzlem (feder menteşesi)



**Şekil 2.2: Blade boylamsal düzlemler**

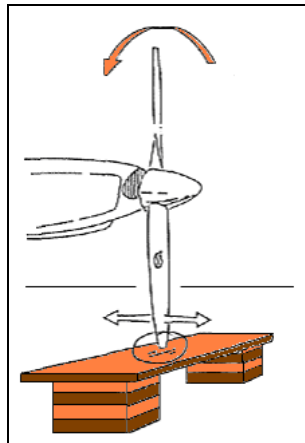
Pervane kanadı kabul edilebilir bir yol izler. Pervane kanat ucunun aldığı yolu takip ettiğinizde karşınıza dönerli bir kavis çıkar. Bu yol sırasında yapılan takipte pervane uç pozisyonlarının biri diğerine bağlıdır. Bu sistem, normal bitmiş titreşim sorunu kalmamış veya son bir kez balans kontrolü yapılacaktır ve pervane yeniden takılmaya hazırdır. Metal pervanelerinin çaptan 6 feet yukarıdadır. Hafif uçaklarda zorunlu izler içeridedir. Bir ağaç pervanesinin izi, 1/8 inch daha içeridedir.



**Şekil 2.3: Üç palli pervanesinin her bir parçası saat altı yönünü gösterdiğinde dengede olması**

Pervane izlenmeden önce uçak sabitletir. Bu sabitleme uçak tekerlekleri desteklene rek yapılır. Bundan sonra 1/4 inch içinde pervane kavisine göre yeryüzünde bir nokta referans olarak alınır. Bu yapıldıktan sonra tahta üzerindeki gazeteye pervane kavis yaptığında belki hafifçe vurur.

Bölge içindeki referans noktasının yeri dönen pervane kanadı ve her pervane yolundaki izidir. Pervanelerin bütün yollardaki maksimum iz farkı belirlenen ölçünün dışına çıkmamalıdır. Bununla ilgili şekil aşağıda gözükmemektedir inceleyiniz.



**Şekil 2.4: Pervane iz kontrolü**



## UYGULAMA FAALİYETİ

Pervane iz kontrolünü yapınız.

| İşlem Basamakları                                                                                                                                                           | Öneriler                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gerekli emniyet kurallarına uyarak pervane ninin pallerinde aşınma ve hasar olup olmadığını dikkatlice kontrol ediniz.</li></ul>    | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.</li><li>➤ Pervane sistemi bakım kitabını hazırlayınız.</li><li>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</li><li>➤ Bağlantılarınızı kontrol ediniz.</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pervane izlenmeden önce tekerlekleri destekleyerek uçağı sabitleyiniz.</li></ul>                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pervane sistemi bakım kitabına göre uçağı hazırlayınız.</li></ul>                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ 1/4 inch içinde pervane kavisine göre yeryüzünde bir nokta referans olarak alınız.</li></ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.</li><li>➤ Temizlik için MEK(Metil- Etil-Keton) kullanmayınız. MEK kullanmak spinner ve pervane pal boyalarını inceltir.</li></ul>                                                     |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tahta üzerindeki gazeteye pervane kavis yaptığında hafifçe vurunuz.</li></ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'ye göre palleri numaralandırınız.</li></ul>                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bölge içindeki referans noktasının yeri dönen pervane kanadı ve her pervane yolundaki izi olup olmadığını kontrol ediniz.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tekrar kullanmak üzere muhafaza ediniz.</li></ul>                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pervanelerin bütün yollardaki maksimum iz farkı belirlenen ölçünün dışına çıkıp çıkmadığını kontrol ediniz.</li></ul>               | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</li><li>➤ Bağlantılarınızı tekrar kontrol ediniz.</li></ul>                                                                                                                                 |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri                                                                                                           | Evet | Hayır |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1. Güvenlik önlemlerini aldınız mı?                                                                                               |      |       |
| 2. İşlem basamaklarını tespit ettiniz mi?                                                                                         |      |       |
| 3. Çalışma ortamının temiz ve düzenli olmasını sağladınız mı?                                                                     |      |       |
| 4. Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırladınız mı?                                                                          |      |       |
| 5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?                                                                                |      |       |
| 6. Gerekli emniyet kurallarına uyarak pervanenin pallerinde aşınma ve hasar olup olmadığını dikkatlice kontrol ettiniz mi?        |      |       |
| 7. Pervane izlenmeden önce tekerlekleri destekleyerek uçağı sabitlediniz mi?                                                      |      |       |
| 8. ¼ inch içinde pervane kavisine göre yeryüzünde bir nokta referans aldınız mı?                                                  |      |       |
| 9. Tahta üzerindeki gazeteye pervane kavis yaptığında hafifçe vurdunuz mu?                                                        |      |       |
| 10. Bölge içindeki referans noktasının yeri dönen pervane kanadı ve her pervane yolundaki izi olup olmadığını kontrol ettiniz mi? |      |       |
| 11. Pervanelerin bütün yollardaki maksimum iz farkı belirlenen ölçünün dışına çıkıp çıkmadığını kontrol ettiniz mi?               |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. .... pal uçlarının dönüş sırasında izlediği yolun düzgünlüğü için yapılan ayardır.
2. Rotor başı .....ve ..... bağlandığı yerdir.
3. Paller, rotor başına ..... ile bağlanır.
4. Metal pervanelerinin çaptan ..... feet yukarıdadır.
5. Bir ağaç pervanesinin izi ..... inch daha içerdedir.
6. Pervane izlenmeden önce uçak sabitlenir. Bundan sonra.....inch içinde pervane kavisine göre yeryüzünde bir nokta referans olarak alınır.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3

### AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında pervane kanadı "blade" hasarlarını tekniğine uygun değerlendirebileceksiniz.

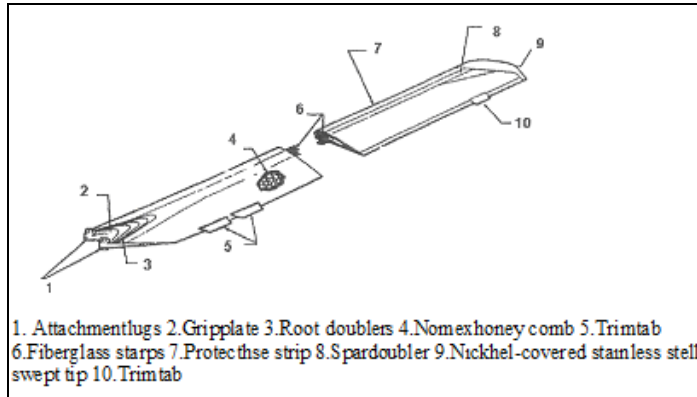
### ARAŞTIRMA

- Uçaklarda pervane kanadı "blade" hasarlarını araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

## 3. PERVANE PİTCH KUMANDASI BLADE HASARI, EROZYON, KOROZYON, ÇARPMA HASARI, DELAMINASYON DEĞERLENDİRMELERİ

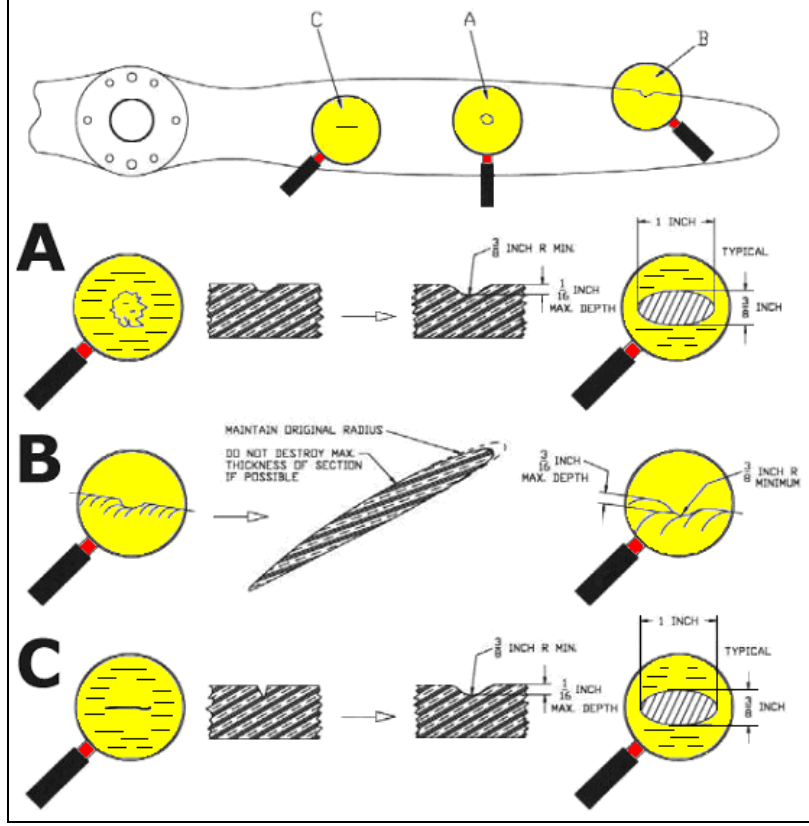
### 3.1. Blade Hasarı

Palin yukarıda bahsedilen ana parçaları havayla ilk temasın sağlandığı steel nose blok" hariç fiber glas yüzey ile kaplanmış ve aerodinamik yapı sürekli pürüzsüz hâle getirilmiştir. Bunun dışında palin ana yapıya, masta bağlantı ucu olan grip bolt (grup saplaması) çevresinde dayanıklılığı artırmak için root doublers (kök güçlendiricileri) ile güçlendirilmiştir. Denge sağlamak içinse ayarlanabilen denge ağılıkları eklenmiştir. Helikopterde kullanılan ana rotor sistemine bağlı olarak değişmekle beraber yeni nesil birçok helikopterde palleri kendi aralarında değişebilir imal edilmektedir.



Şekil 3.1: Palin parçaları

Yani arıza yapan palin yerine başka bir pal takılabilmektedir. Tabiki bir helikopterde büyük parça değişiminden sonra balans ayarlaması yapılması gerekir.



Şekil3.2: Pal hasarları

Pal hasarları havayla sürekli bir etkileşim, içinde olan palde zamanla bazı sorunlar kendini gösterir. Uçak dışında ve havayla teması çok fazla olan palde, havanın korozyon etkisini görmemek mümkün değildir, özellikle bal peteği yapının içine su kaçmaması için yapı genel olarak epoksi bir yapıştırıcı ile kapatılmış ve koruma altına alınmıştır. Suyun başka bir değişle nemin pal üzerinde korozyon etkisi dışında balansı konusundada olumsuz etkisi vardır.

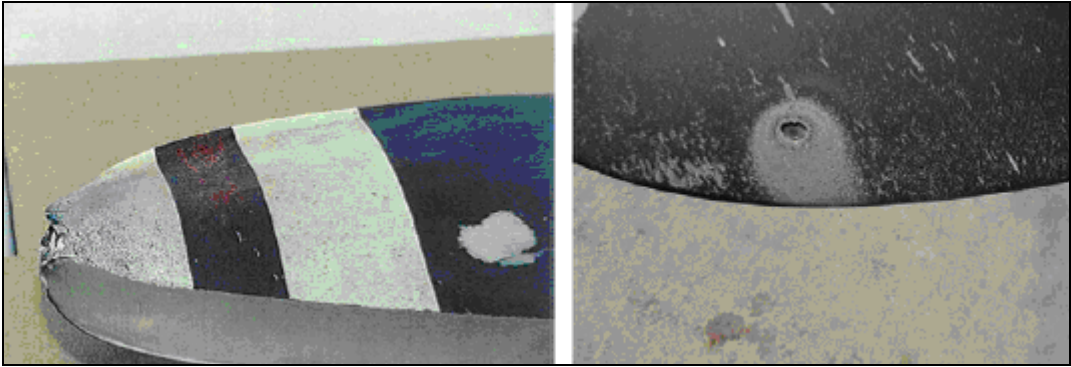
Palin hücum kenarı çalışma sırasında sürekli havayı kestiği için ön bölgedeki aşınma aşırı olur. Özellikle tozlu bölgelerde yapılan uçuşlarda toz pal üzerinde zımpara etkisi yapar, yüzey boyasını kaldırır ve metalde hasara neden olur. Ayrıca dönü sırasında pal gövdesine çarpan cisimler, oluşturulan hava akımından dolayı yerden kaldırılabilir veya yukarıdan düşmüş atılmış olabilir, palde ezilme ve yırtılmaya neden olabilir. Pal dönmez iken kendi ağırlığı ile aşağıya doğru bir flapping hareketi yapar. Palin yapısı kendi ağırlığı ile oluşacak bu eğilmeyi karşılayacak yeterliliktedir. Bunun dışında uygulanacak bir kuvvet pale zarar verir.

Palde oluşan zararların tespit ve tamir edilebilirliği, yani tamir olur mu yoksa palin değişmesi mi gerekir kararının verilmesi o pal cinsine ait bakım kitabında yazılı limitlere

bağlıdır. Her pal cinsinde farklı hasar limitleri ve farklı onarım usulleri mevcuttur. Değerlendirme bu usullere göre ve belirtilen yöntemlerle orijinal malzeme kullanılarak yapılır. Helikopterin temel parçalarında olan palin onarımı özel uzmanlık ve özen gerektirir. Pal üzerindeki hasarlar helikopterde titreşim kaldırıcı kuvvetle zayıflık yaratır. Zamanında gerektiği gibi gidenimeyen bu çeşit problemler ileriki zamanlarda oluşacak daha büyük arızalara zemin hazırlar.

### 3.2. Erozyon, Korozyon, Çarpma Hasarı, Delaminasyon Değerlendirmeleri

Uçaklar ister yeni ister yaşlı olsun her an korozyon tehlikesi ile karşı karşıyadır. Korozyonun birçok nedeni var. Nem, kimyasal etkiler, iklim, farklı metaller arasındaki uyumsuzluklar, uçağın maruz kaldığı yük ve aşırı stres bunlardan sadece birkaçıdır. Aşınan parçanın hemen sökülerek kontrol edilmesi, hasarın giderilmesi gerekiyor. Aksi hâlde uçuş sırasında büyük hasarlar hatta kazalar meydana gelebiliyor. Tamiri mümkün olmayan parçalarının ise değiştirilmesi gerekir. Korozyonun olduğu parçanın etrafındaki diğer parçalarda hasar riski nedeniyle kontrole alınır. Gözle görülmeyen kılcal çatlakların tespiti için röntgen çekilir. Kanat gibi uçağın taşıyıcı yüzeylerindeki korozyon kontrolleri ise daha kapsamlı yapıyor. Parçaların tamamen sökümü, oluşabilecek kılcal çatlakların kontrolü ve hatta değiştirilmesi çok ciddi maliyetleri de yanında getiriyor.



**Resim 3.1: Pal ucu hasarları**

Uçaklarda yapılarının üretiminde kullanılan metallerde istenilen temel özellikler; hafiflik, mukavemet, yoğunluk, şekillendirilebilme ve korozyona karşı dirençtir. Uçaklarda yapılarının üretiminde yaygınlıkla kullanılan metaller ise alüminyum, çelik, titanyum, magnezyum ve bakırdır. Bu metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve maliyetleri bunların havacılık sektöründe kullanımını tercih edilir hâle getirmiştir. Özel ihtiyaçların, düşük mukavemetleri nedeniyle saf metallerden karşılanması neredeyse olanaksız hâle gelmiştir. Yapısal olarak daha kullanışlı malzemeler elde etmek için alaşımlar geliştirilmiştir. Alaşımlar çoğunlukla metaller arası bileşikler hâlinindedir. Buna karşılık bazı alaşımlar metal olmayan elementlerin de yer aldığı bileşikler şeklindedir.

Korozyonun oluşumu metaller bulundukları ortamın elementleri ile reaksiyona girerek, önce iyonik hâle ve ondan sonra ortamdaki başka elementlerle birleşerek bileşik hâline dönmeye çalışır. Bir başka deyişle kimyasal değişime uğrar ve bozunur. Sonuçta

metal veya alaşımlarının fiziksel, kimyasal, mekanik veya elektriksel özelliği istenmeyen değişikliklere uğrar. Korozyon, hem metal veya alaşımın bozunma reaksiyonuna hem de bu reaksiyonun neden olduğu zarara verilen addır. Uçak yapılarında kullanılan metaller doğada saf olarak değil, bileşikler şeklindeki maden cevherleri olarak bulunur. Metaller ancak bileşiklerinin saflaştırılması ile kullanılabilir. Saf metaller esas itibarıyla alaşımlara göre daha az dayanıma sahiptir. Alaşım elementleri hafif ağırlıktaki havacılık metallerine göre genellikle daha az aktiftir ve hafif metaller korozyona daha çok meyillidir. Hafif metaller nispeten aktiftir, diğer yapısal amaçlar için kullanılan metallere göre daha kolay korozyona uğrar.

### 3.2.1. Korozyona Etki Eden Başlıca Faktörler

- Malzeme seçimi
- Parça boyutu
- Coğrafi yerleşim
- Isıl işlem
- Elektrolit
- Mikrobiyolojik organizmalar
- Mekanik gerilmeler

Malzeme seçiminde üretimi düşünülen bir parçanın korozyona karşı olan direncinde malzeme seçimi ilk sırada gelir. Havacılık malzemesi üretiminde kullanılan malzemeler seçilirken çalışma özelliğine göre metal seçimi yapılır. Özellikle korozif ortamda çalışan parçaların üretimi esnasında korozyona daha az meyilli metal veya alaşımların kullanılması gerekir. Birbirine bağlanmış iki farklı metal arasında meydana gelecek korozyonun hızı bu metallerin aktivitesine bağlıdır. Aktiviteleri arasındaki fark ne kadar büyük olursa korozyon o kadar hızlı meydana gelir. Kalın kesitli metal parçalara üretim esnasında sıcak işlem uygulanmışsa, bu parçaların korozyona uğrama ihtimali yükselir.

Tropik deniz ve okyanus bölgelerindeki yüksek hava sıcaklığı denizden yükselen tuz yüklü hava ile birleşerek kısa sürede metaller üzerinde şiddetli bir korozyon oluşmasına neden olur. Özellikle, deniz üzerinde alçak uçuş yapan hava araçlarının kısa sürede korozyona maruz kalmaması için uçuş sonrası yıkama yapılarak hava aracının üzerindeki tuz ve nem birikintilerinin giderilmesi gerekir. Ayrıca fabrikalardan, binalardan ve taşıtlardan çıkan duman, is, toz ve artık gazlar metalleri olumsuz yönde etkiler. Buzul veya çöl iklimine sahip bölgelerde ise korozyon oluşma ihtimali çok azdır. Çünkü söz konusu her iki bölgede de nem oranı düşüktür. Buna karşılık özellikle çöl iklimine sahip bölgelerde iki olumsuz etken olarak çok yüksek sıcaklık ve kum fırtınası tehlikeleri oluşabilir.

### 3.2.2. Korozyon Türleri

- Tekdüze yüzey korozyonu
- Galvanik korozyon
- Oyuklaşma (pitting) korozyonu
- Tanecikler arası korozyon
- Pullanma (exfoliation) korozyonu
- Aralık korozyonu

- Gerilmeli korozyon çatlaması (scc)
- Hidrojen gevrekliđi
- Yorulma korozyonu
- Kurtçuk (filiform) korozyonu
- Aşınma korozyonu
- Yüksek sıcaklık korozyonu

### 3.2.3. Korozyon Önleme İşlemleri

- İmalat, tasarım ya da giderici bakım sırasında ve sonrasında korozyon hassasiyetini azaltmak için sistemlere koruyucu kaplama uygulamak,
- Sistemleri ve teçhizatı temizlemek ve hasara uğramış boyaları yenilemek,
- Korozyon artırıcı koşullardan (su tutma, korozif ortamlar, farklı metallerin teması gibi) kaçınmak,
- Korozyon tespit edildiğinde derhal temizleyerek daha fazla ilerlemesini önlemek,
- Taşıma ve depolama esnasındaki tehlikeleri azaltmak için teçhizatın koruyucu ambalajını yapmaktır.

### 3.2.4. Korozyon Önleme Metotları

- Rutin bakımlar
- Kontroller
- Parçaların teknik yayına uygun temizlenmesi
- Yağlama
- Koruyucu bakım

### 3.2.5. Korozyon Dereceleri

- **Hafif derecede korozyon:** Renk solması şeklinde görülür. En fazla 1 mm derinlikte olur. Elle zımparalama ve hafif kimyasal işlemle giderilir.
- **Orta derecede korozyon:** Kaplama ve boyada pullanma, İnce parçacık belirtileri görülür. Kabarcıklar 1-10 mm derinlikte olur. Elle zımparalama ve hafif mekanik kumlama ile giderilir.
- **Şiddetli derecede korozyon:** Ciddi derecede kabarcık hâlinde dökülme, pullanma ve ince kabarcıklar görülür. 10 mm daha fazla derinlikte olur. Kapsamlı mekanik kumlama ve taşlama ile giderilir.



## UYGULAMA FAALİYETİ

Pervane yüzey hasarını ve bakımını yapınız.

| İşlem Basamakları                                                                                                                                                                                                                               | Öneriler                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>➤ Gerekli emniyet kurallarına uyarak palde oluşan zararların tespit ediniz.</p>  <p><b>Pal yüzeyinin kontrol edilmesi</b></p>                               | <p>➤ Çalışma alanının temiz, düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.</p> <p>➤ Pervane sistemi bakım kitabını hazırlayınız.</p> <p>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</p> <p>➤ Bağlantılarınızı tekrar kontrol ediniz.</p> |
| <p>➤ Palin tamir olup olmayacağına veya palin değişmesi gerekip kerekmeyeceğine karar veriniz.</p>  <p><b>Pal yüzeyindeki hasar</b></p>                       | <p>➤ Pervane sistemi bakım kitabına göre pervanenin tamir olup olmayacağına karar veriniz.</p>                                                                                                                                            |
| <p>➤ Pal cinsine ait bakım kitabında yazılı limitleri aşıp aşmadığını kontrol ediniz.</p>                                                                                                                                                       | <p>➤ Pal cinsine ait bakım kitabına göre limit aşım kontrolü yapınız.</p>                                                                                                                                                                 |
| <p>➤ Korozyonun olduğu parçanın etrafındaki diğer parçalarda hasar olup oluşmadığını kontrol ediniz.</p>  <p><b>Parlatılmış pal yüzeyindeki korozyon</b></p> | <p>➤ Temizlik için MEK(Metil- Etil- Keton) kullanmayınız. MEK kullanmak spinner ve pervane pal boyalarını inceltir.</p>                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>➤ Gözle görülmeyen kılcal çatlakların tespiti için röntgen çekiniz.</p>  <p><b>Pal çatlağı</b></p>                  | <p>➤ Kılcal çatlakların tespiti için röntgen cihazını hazırlayınız.</p>                                        |
| <p>➤ Kanat gibi uçağın taşıyıcı satırlarındaki korozyon kontrollerini yapınız.</p>  <p><b>Hub yüzey korozyonu</b></p> | <p>➤ Korozyon kontrol cihazlarını hazırlayınız.</p>                                                            |
| <p>➤ Parçaların tamamen sökülümünde oluşabilecek kılcal çatlakların kontrol ediniz.</p>  <p><b>Hub çatlağı</b></p>   | <p>➤ Çalışma alanının temiz, düzenli olmasına dikkat ediniz.</p>                                               |
| <p>➤ Pal tamirini yaptıktan sonra dikkatlice yerine takınız.</p>                                                                                                                                        | <p>➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.<br/>➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.</p> |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri                                                                                     | Evet | Hayır |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1. Güvenlik önlemlerini aldınız mı?                                                                         |      |       |
| 2. İşlem basamaklarını tespit ettiniz mi?                                                                   |      |       |
| 3. Çalışma ortamının temiz ve düzenli olmasını sağladınız mı?                                               |      |       |
| 4. Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırladınız mı?                                                    |      |       |
| 5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?                                                          |      |       |
| 6. Gerekli emniyet kurallarına uyarak palde oluşan zararların tespit ettiniz mi?                            |      |       |
| 7. Palin tamir olup olmayacağına veya palin değişmesi gerekip kermeyeceğine karar verdiniz mi?              |      |       |
| 8. Pal cinsine ait bakım kitabında yazılı limitleri aşp aşmadığını kontrol ettiniz mi?                      |      |       |
| 9. Korozyonun oluştuğu parçanın etrafındaki diğer parçalar da hasar oluşup oluşmadığını kontrol ettiniz mi? |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Dönü sırasında pal gövdesine çarpan cisimler, palde.....neden olur.
2. Pal dönmeden kendi ağırlığı ile aşağıya doğru ..... hareketi yapar.
3. Korozyonun olduğu parçanın etrafındaki diğer parçalar da hasar riski nedeniyle kontrole alınır. Gözle görülmeyen kılcal çatlakların tespiti için ..... çekilir.
4. .... hem metal veya alaşımın bozunma reaksiyonuna hem de bu reaksiyonun neden olduğu zarara verilen addır.
5. Hafif derecede korozyon renk solması şeklinde görülür. En fazla 1 mm derinlikte olur. .... ile giderilir.
6. Orta derecede korozyon kaplama ve boyada pullanma, ince parçacık belirtileri görülür. .... le giderilir.
7. Şiddetli derecede korozyon ciddi derecede kabarcık hâlinde dökülme, pullanma ve ince kabarcıklar görülür.....ile giderilir.
8. Birbirine bağlanmış iki farklı metal arasında meydana gelecek korozyonun hızı bu metallerin ..... bağlıdır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-4

## AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında pervane onarımını bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Uçaklarda pervanelerin onarım çalışmasını araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

## 4. PERVANE BAKIM/TAMİR USULLERİ

### 4.1. Pervane Bakımı

Pervane bakımı üç ana bölümde toplanır.

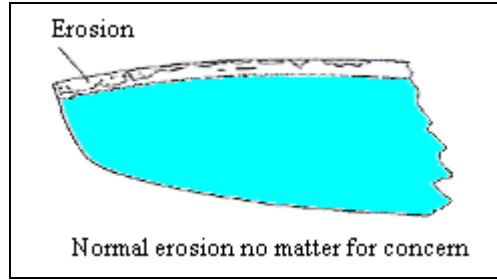
#### 4.1.1. Günlük Bakım

Pal bağlantılarını kontrol edilir. Pallerin uç kısmından ileri geri yokla oynama olmaması gerekir, gene elle hücum ve firar kenarından tutarak dairesel döndürmeye çalışılır. Müsaade edilen boşluk I dereceye kadardır. Pal uçlarını çatlaklar yönünden kontrol edilir. R modellerinde, servis bülten 6'ya göre, pal kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığını, ayrıca bütün pal yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığı kontrol edilir. Gevşek vida ve emniyet telleri yönünden kontrol edilir. Göbek parçaları, spinner ve spinner desteğini çatlaklar yönünden kontrol edilir. Palleri elle tatlı bir şekilde döndürerek hatve değiştirme mekanizmasını kontrol edilir. Şayet balans ağırlıkları takılmışsa doğru pozisyon yönünden kontrol edilir.

#### 4.1.2. 100 Saatlik Periyodik Bakım

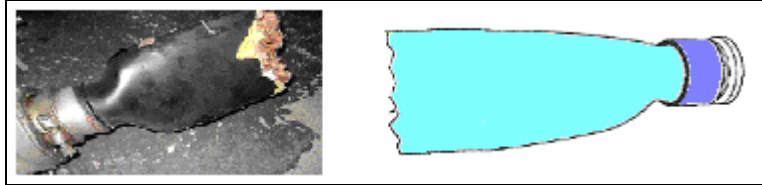
Periyodik olarak 100 saatlik aralarla revizyona kadar devam edilir. Abağı sökülür. Günlük bakımı tekrarlanır. Flanş bağlantı civatalarının torku kontrol edilir. Cıvataları gevşetmeden önce bu işlem yapılır. Gres ve yağ kaçağı için kontrol edilir. Pal somunlarının silikonunu kontrol edilir. Eğer hasarlanmışsa yeniden silikonlanır. Pallerin muayenesi: Ağaç kompozit pallerin muayenesi kolaydır ve doğru netice verir. Vernik içindeki yüzey çatlakları gibi kritik durumları başlangıçta gösterecektir. Bunun gibi çatlaklara doğru karar verilmesi bu yüzden önemlidir. Hücum kenarlarındaki aşınma normaldir ve kritik değildir.

Metal pervanelerde bile bu tür aşınma olur. Kompozit pervane üzerindeki aşınmış metal koruyucu vernik altından görülebilir.



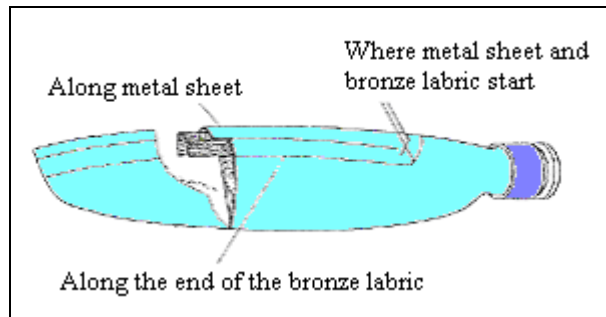
**Şekil 4.1: Normal aşınma**

- Pal kökünü, (pal gövdesi ve metal ferrule arası) bütün etrafını dikkatlice kontrol edilir. Bu bölge asla silikonlanmaz. Sadece ferrule ile birleşim yeri silikonlanır. Çatlağa müsaade edilmez. Şayet bu bölgede çatlak bulunursa pervane servisten alınarak özel muayene için fabrikasına gönderilmelidir.



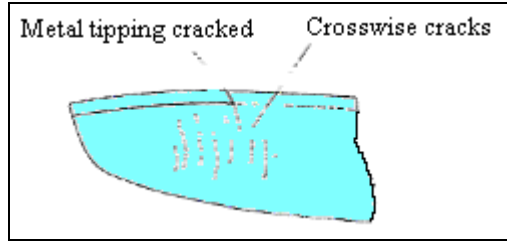
**Şekil4.2: Pal kökü**

- Hücum kenarındaki metal koruyucunun ve koruyucuyu gövdeye tespit için üzerine lehimlenmiş olan bronz bezin böke yakın olan başlangıç kısmı ve bunların uzunlamasına bitim yerlerindeki ince çizgi çatlaklar tehlikeli değildir. Bu gibi çatlaklar bazen oluşur ve görülmesi normaldir. Çünkü ayrı malzemelerin uzama katsayıları farklıdır (ağaç, pirinç plaka, bronz tel örgü). Bakım periyodu boyunca bu gibi çatlaklar vernikle kapatılmadı ve pal, nemin rutubetin içine işlemesine, nüfuz etmesine karşı korunmalıdır.



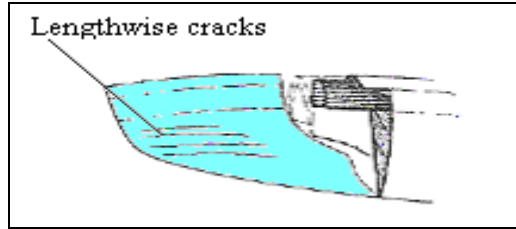
**Şekil 4.3: Pal ucunda vernikte oluşan izler**

- Pal yüzeyindeki veya metal koruyucu üzerindeki pal uzunluk eksenine dik olarak uzanan ince çatlaklar bükülme titreşimlerinin göstergesidir. Bu gibi çatlaklar çoğunlukla palın dış yüzeyinde (pal sırtı) oluşur. Şayet bu gibi çatlaklar oluşursa karar için fabrikaya bilgi verilmeli, danışmalıdır.



**Şekil 4.4: Metal eğim çatlakları**

- Pal ucundan başlayıp, pal uzunluk eksenine paralel uzanan çatlaklar burulma titreşimi neticesidir. Bu gibi çatlaklar çok nadiren görülür. Şayet görülürse fabrikayla irtibat kurulur.



**Şekil 4.5: Enine izler**

- R modeli pervanelerde servis bülteni 6'ya göre pal kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığı, ayrıca bütün pal yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığı kontrol edilir.



**Şekil 4.6: Palde çatlak tespiti**

- Kaplama bezlerindeki hasarlar ağaç gövdeye tesir etmedikçe taş hasarları önemsizdir. Hava kabarcıkları 15 mm'ye kadar önemsizdir, şayet çalıştığı sürece büyümeyeceğinden emin olunursa çizikler ve çentikler normal bakımda filler veya vernikle doldurulabilir.
- Hücum kenarındaki metal koruyucu üzerindeki diklemesine çatlak, çentik ve çöküntü yönünden muayene edilir. Eğer metal koruyucu altından ana (ağaç) kısım gözükyorsa metal koruyucu fabrikaca değiştirilmelidir.

### 4.1.3. Özel Muayene

Pervane kalkış rpm'nin %10'u kadar aşırı süratle maruz kalmışsa gözle muayene edilir. %10-%20 arasında pervane revizyona tabi tutulur. %20'yi geçmiş ise pervanenin tamiri mümkün değildir, servisten alınmalıdır. Burada en önemli nokta sürat aşımında rpm'nin kesin olarak bilinmesi ve kaydedilmesidir. Ayrıca pervanenin bir yere veya yıldırım çarpması durumunda da revizyona alınması gerekir.

## 4.2. Pervane Tamir Usulleri

Metal parçaların pas ve çapakları, kesik, çöküntü, çentik çizik gibi hasarları geniş çaplı bir daire şeklinde hasarın altına inerek gider. Bu işlemi yaparken 1,5mm (1/16") derinlik, 12 mm (1/2") genişlik ölçülerini geçmemek gerekir. Şayet parçada zayıflık veya yorulma belirtileri varsa parçayı değiştirmek gerekir.

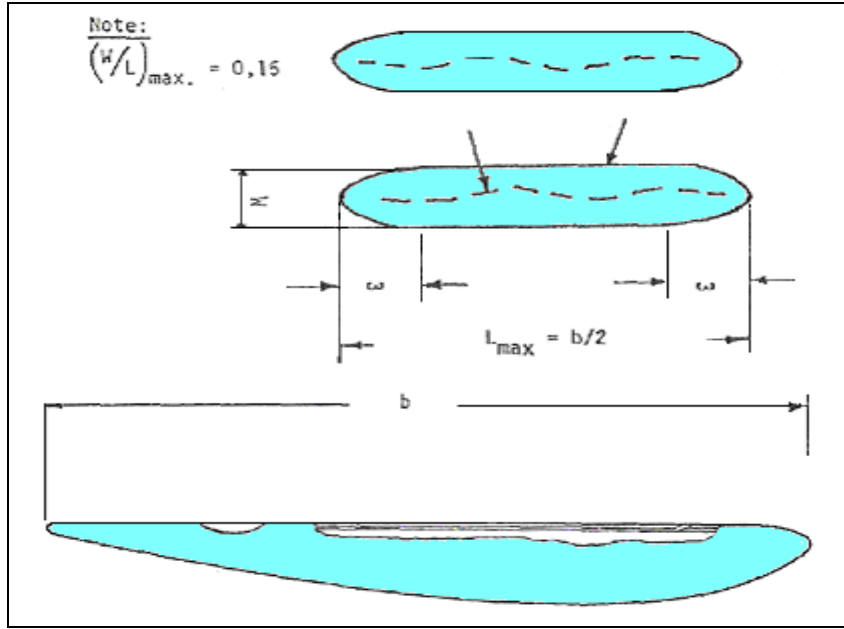
Kaynak ön ısıtma veya ısıl işleme müsaade edilmez. Compound kullanılarak yüzey hasarları kapatılmaz. Fork ve hatve değiştirme bloklarını pallerin yere çarpması neticesinde hasarlanması durumunda değiştirmek gerekir. Shotpeend yapılan bölgeye gerekiyorsa yeniden aynı işlemi uygulamak gerekir.

Alüminyum yüzeyleri gerekiyorsa anodize yapmak, anodize işleminden önce üzerindeki çelik parçaları çıkarmak gerekir. Metal ferruleye shotpeen gerekliyse işlemten sonra yüzeyi korumak için 3M primer EC 776 kullanılmalıdır. Spinner desteği üzerindeki gevşek perçin ve bademcikleri değiştirilmelidir. Kadmiyum kaplama gerekliyse kadmiyumla kapladıktan sonra üç saat süre ile 180°C (350°F) derecedeki fırına koyulmalıdır. Vidalar, cıvatalar, saplamalar ve paslanmaz çeliklerle yayları kaplanmalıdır. Tolerans dışındaki ve aşınma ibaresi olan "bütün parçaları değiştirmek gerekir.

Kompozit paller bütün çöküntü, çizikler, V şeklindeki çentikler ve kabul edilebilir çatlakların aşağıdaki sıraya göre tamiri yapılmalıdır. Kaplamanın tamiri palin ağaç kısmına nüfuz etmeyen, kaplamadaki hasarların tamiridir. Çöküntü ve çentikler kaplamanın altına geçmediyse önemsizdir ve epoxy resin kullanılarak kolayca tamir edilebilir. Yüzeydeki kaplamaya işleyen hasarlar kontrol edilir. Tamir edilebilir nitelikteyse aşağıdaki sıraya göre tamiri yapılır.

Tamir parçası aynı malzemeden olmalı ve aynı yönde yapıştırılmalıdır. Yama parçasının hücum ve firar kenarına olan uzaklığı en az 0,1 Xb' dir. Palin bir yüzündeki yama sayısı en fazla üçle sınırlıdır.





Şekil 4.7: Palde geniş bir bölgenin kaplaması çıkarılmış

#### 4.2.1. Balans Gerektirmeyen Tamirler

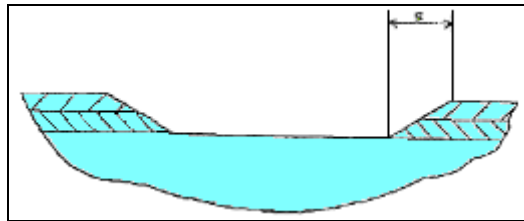
Kaplama gevşek değilse 30 mm'ye (1,18") kadar olan çizikler kesik bile olsa epoxy resin ile doldurularak tamir edilebilir. Kaplamada kabarma olduğu takdirde, bir çakıyla kaplama kaldırılır (max 30 mm (1,18") uzunluk ve kat kaybı hâlinde). Daha sonra uygun miktar 'epoxy resin' kullanılarak ağaç kısmına yapıştırılır.

Çapı 15 mm'ye (0,59") kadar olan hava kabarcıkları, karşılıklı kesilip tamir edilir.

#### 4.2.2. Balansı Gerektiren Tamirler

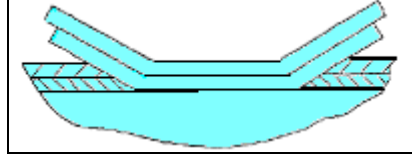
Geniş bir bölgenin kaplaması gevşemiş ve kaplama çıkarılmış ise aşağıdaki şekilde tamir edilir.

- Şekil 4.8'de görüldüğü gibi gevşek kaplamayı çıkarıp düzgün bir yüzey elde edilir.



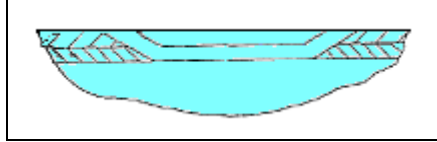
Şekil 4.8: Gevşek kaplama

- Hasarlanan yere ıspatula ile en az bir miktar ‘epoxy resin’ uygulanır. Yama parçasının ağaç kısmına iyice yapışması için bir miktar yapıştırıcı kullanılır ve yama bezinin iyice ıslanması sağlanır. Bez ağaca doğru bastırılır. Eğer daha fazla kat varsa aynı yöntemle tamamlanıp kuruması için bir gece beklenir.



**Şekil 4.9: Orjinal kaplama malzemesi**

- Yama yapılan bölgeyi düzgün bir yüzey elde edinceye kadar düzeltilip küçük pürüzler dolgu maddesi ile doldurulur.



**Şekil 4.10: Yamanın düzgün yüzey hâline getirilmesi**

- Komple pal zımpara ve dolgu maddesi ile boyaya hazırlanıp kaplamanın hasar görmeyeceğinden emin olunur. Pal verniklenir.
- Burada belirtilmeyen hasarlar sadece yetkisi onaylanmış servis istasyonları tarafından yapılabilir. Pal hücum kenar koruyucularından değiştirilmesi ve pal uçlarının hasar tamirleri gövdenin % 90'ında hasar yoksa üretici firma veya onun yetki verdiği istasyon tarafından yapılabilir.

#### **4.2.3. Pervane Temizliği**

MEK (metil-etil-keton) pervane pal boyalarını zayıflatır. Muayene için bütün parçaların temizlenmesi gerekir. Bütün metal parçalar PD-680 Tip2 veya eşidi solventle temizlenir. Sealent compound RTV-109 MEK ile temizlenir. Metal olmayan yumuşak fırça kullanılır. Ağır ve sıkı yapışmış yapıştırıcı kalıntıları yumuşak plastik aletler kullanılarak çıkarılabilir. Dişler üzerindeki ve diğer temas yüzeylerindeki kalıntıları çıkarırken hasar vermemek için dikkatli olunur.

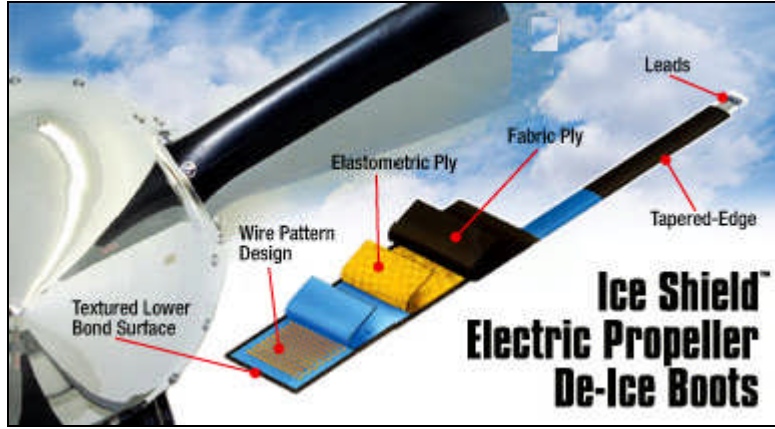


**Resim 4.1: Pervane temizliği**

Plastik koruyucu (PV-882)'yi pal somunundan çıkarılır. Somun ve ferrule temizlendikten sonra tekrar takılır. Paller su veya çok yumuşak solventle silinir. MEK kullanılmaz. Parçalar basınçsız kuru hava ile kurulanır. Parçaları temizledikten sonra toz ve kire karşı depolama süresince veya revizyon süresince korunur. Temizlenen parçalar sıcaklığı değişmeyen, alçak nem oranı olan yerlerde depolanır, şayet uzun süreli depolama gerekiyorsa korunamayan parçalar sürekli uygulanan metotlarla korunmalıdır.

#### 4.2.4. Pervanenin Buzdan Korunması

Buz koruma sistemi ağır hava koşulların da pervaneyi korumak amaçlı kullanılmaktadır. Buzlanma aerodinamik yapıyı bozar ve üzerinde oluşacak buzdan dolayı pervanenin ağırlığı artar.



**Resim 4.2: Buzdan korunmak için pervanenin hücum kenarlarının elektrikle ısıtılması**

Buzdan korunmak için pervanelerin hücum kenarlarında elektrikli ısıtıcılar bulunur. Bazı eski model pervanelerde buz oluşumunu engellemek için alkol esaslı buz eritici sıvı püskürtülürdü. Ayrıca bazı pervaneli uçaklardaki kanatlar ve motor giriş kaportalarında buz oluşumunu önlemek için de-icing boots bulunur. Lastik ya da kauçuk kaplamaların içine basınçlı hava verilerek şişer ve buzu kırar (pneumatic anti icing boots). Bu sistemin dezavantajı ise kanat hücum kenarının şeklini bozmasından dolayı performansı biraz bozar.

Pallerin de-ice sistemlerinin, buzlu hava koşullarında güvenli çalıştığından emin olunmalıdır. Bu yüzden, hava kazancı koşullarında olduklarından emin olmak için bu sistemin periyodik olarak de-ice kaplamaları incelenir. Elektrikli tertibatının durumları kontrol edilir, çatlaklar aranır ve çıkartılır. Ayrıca boot'ta gevşek bölgeler veya kırışıklara bakılır. Pitch menzilinin hareket edebilir olduğundan emin olunmalı ve kablo uçlarında gerilmeler kontrol edilir. De-icer uçları ve yer arasındaki propeller rezistans değerleri kontrol edilir. Bir detaylı kontrol yapılırken spinner çıkartılır. Elektrikli bağlantı uçları ve donanımın sıklığı ve aşınması kontrol edilir. Burgu kelepçelerinin güvenli olduğundan emin olunur. Aşınmalar için halkalar ve fırçalar kontrol edilir. De-icer devreleri uçtaki diğer elektrikli bağlantılardan izole edilir. Tamir edilen pal de-icerlarda, üretici firmanın önermediği anti-ice kaplamaları kullanıyorsa slinger-ring ve feed tub'lerin durumları kontrol edilmelidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Pervanenin bakımını yapınız.

| İşlem Basamakları                                                                                                                                                                                                                                   | Öneriler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gerekli emniyet kurallarına uyarak pal bağlantılarını kontrol ediniz.</li></ul>                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çalışma alanının temiz, düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.</li><li>➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.</li><li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.</li><li>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</li><li>➤ Bağlantılarınızı tekrar kontrol ediniz.</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pallerin uç kısmından ileri geri oynama olup olmadığını kontrol ediniz.</li></ul>                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'ye göre pallerin uç ayarını yapınız.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ El ile hücum ve firar kenarından tutarak dairesel döndürmeye çalışınız.</li></ul>  <p><b>Pervane el ile döndürme</b></p> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Müsade edilen boşluk 1 derece olmalıdır.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pal uçlarını çatlaklar yönünden kontrol edilir. pal kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığını kontrol ediniz.</li></ul>                                                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.</li><li>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</li></ul>                                                                                                                                                                                              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bütün pal yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığını kontrol ediniz.</li> </ul>                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çalışma alanında yangın tehlikesi oluşturacak herhangi bir cihazın çalışmadığından emin olunuz.</li> <li>➤ Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gevşek vida ve emniyet tellerini kontrol ediniz.</li> </ul>  <p><b>Pal vida ve emniyet telleri</b></p>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.</li> </ul>                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Göbek parçaları, spinner ve spinner desteğinde çatlaklar olup olmadığını kontrol ediniz.</li> </ul>  <p><b>Pal göbek parçaları</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Parçaların temizliğini yapınız.</li> </ul>                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Palleri elle tatlı bir şekilde döndürerek hatve değiştirme mekanizmasını kontrol ediniz.</li> </ul>                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.</li> </ul>                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balans ağırlıklarını doğru takılıp takılmadığını kontrol ediniz.</li> </ul>                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balans ağırlık kontrolü için bakım avadanlıklarını hazırlayınız.</li> </ul>                                                                                              |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri                                                                          | Evet | Hayır |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1. Güvenlik önlemlerini aldınız mı?                                                              |      |       |
| 2. İşlem basamaklarını tespit ettiniz mi?                                                        |      |       |
| 3. Çalışma ortamının temiz ve düzenli olmasını sağladınız mı?                                    |      |       |
| 4. AMM (aircraft maintenance manuel)'yi hazırladınız mı?                                         |      |       |
| 5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?                                               |      |       |
| 6. Pal bağlantılarını kontrol ettiniz mi?                                                        |      |       |
| 7. Pallerin uç kısmından ileri geri oynama olup olmadığını kontrol ettiniz mi?                   |      |       |
| 8. El ile hücum ve firar kenarından tutarak dairesel döndürdünüz mü?                             |      |       |
| 9. Pal kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığını kontrol ettiniz mi?                  |      |       |
| 10. Bütün pal yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığını kontrol ettiniz mi? |      |       |
| 11. Gevşek vida ve emniyet tellerini kontrol ettiniz mi?                                         |      |       |
| 12. Göbek parçaları, spinner ve spinner desteğinde çatlaklar olup olmadığını kontrol ettiniz mi? |      |       |
| 13. Palleri elle tatlı bir şekilde döndürerek hatve değiştirme mekanizmasını kontrol ettiniz mi? |      |       |
| 14. Balans ağırlıklarını doğru takılıp takılmadığını kontrol ettiniz mi?                         |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Pervane kalkış rpm'nin %10' u kadar aşırı süratle maruz kalmışsa ..... muayene edilir.
2. Pervane kalkış rpm'nin kadar aşırı süratle maruz kalmışsa % ..... - % ..... arasında pervane revizyona tabi tutulur. % ..... geçmiş ise pervanenin tamiri mümkün değildir.
3. Çöküntü ve çentikler kaplamanın altına geçmediyse önemsizdir, ..... kullanılarak kolayca tamir edilebilir.
4. Yama parçasının hücum ve firar kenarına olan uzaklığı en az ..... dir. Palin, bir yüzündeki yama sayısı en fazla ..... ile sınırlıdır.
5. Bütün metal parçalar.....veya eşidi.....temizlenir.
6. Paller su veya çok yumuşak ..... silinir..... kullanılmaz.
7. Parçalar basınçsız ..... ile kurulanır. Parçaları temizledikten sonra toz ve kire karşı depolama süresince veya revizyon süresince korunur.
8. Pal hücum kenar koruyucularından değiştirilmesi ve pal uçlarının hasar tamirleri gövdenin %..... hasar yoksa fabrikası veya onun yetki verdiği istasyon tarafından yapılabilir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-5

## AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında pervane motor çalışmasını bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde hatasız olarak kontrol edebileceksiniz.

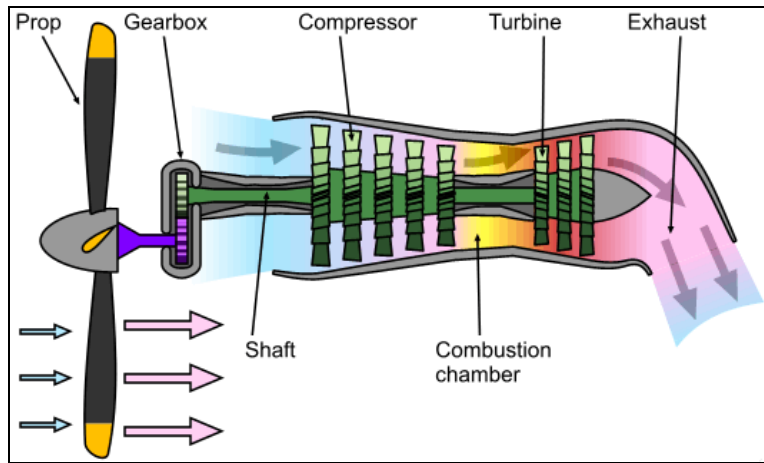
## ARAŞTIRMA

- Uçaklarda pervane motor çalışmasını araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor haline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

## 5. PERVANE MOTOR ÇALIŞMASI

### 5.1. Pervane Motor Çalışması

Turbojet motorlarda, kompresörü çalıştırabilmek için yeterli olan gücü üretecek türbin kullanır. Jet ileri çekici kuvveti sağlamak için kalan egzoz gaz enerjisini ve yüksek egzoz gaz hızını kullanılır. Turbojet motorun itici verimliliği oldukça düşüktür. Çünkü ileri çekici kuvvet, oldukça küçük hava akışına karşılık büyük hız değişikliği sayesinde elde edilir. Gaz türbin pervane kombinasyonu, subsonik uçuşlarda yüksek itici verimlilik sağlar. Çünkü pervane çok fazla hava akışı ile çalışmaktadır.

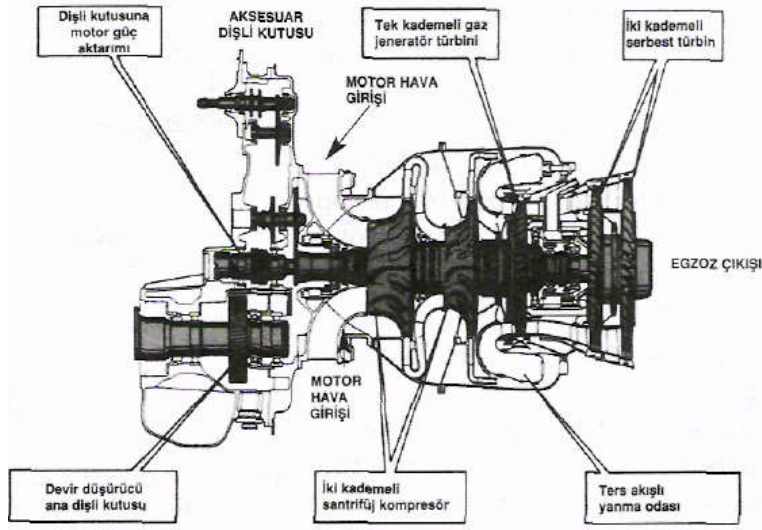


Resim 5.1: Turboprop motor



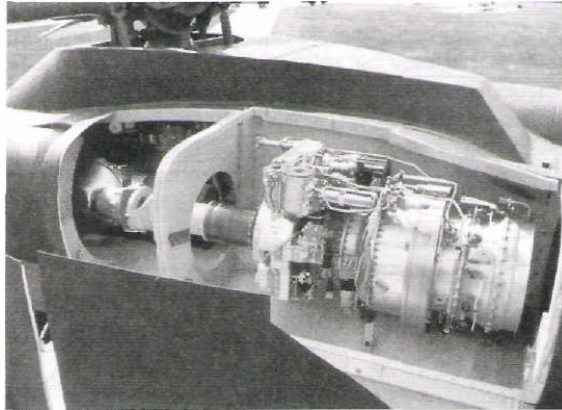
Turboprop güç kaynağı türbin kısmında yayılmayı devam ettirmek için ilave türbin kısımlarına ihtiyaç duyulur ve şaft gücü olarak egzoz gaz enerjisinin büyük bir yüzdesini kullanır. Bu açıdan bakılınca, turboprop temel olarak güç üreten makinadır ve jet itmesi, çıkış itme gücünün küçük oranıdır. Turbopropun jet ileri çekici kuvveti, toplam çıkış ileri çekici kuvvetin % 15 - % 25'ine neden olur. Turboprop esas olarak güç üreten makine olarak turboprop güç kaynağına eş değer şaft beygir gücü ile değerlendirilir.

Helikopterlerde motor sayısı helikopterin tipine göre değişir. Bir, iki veya üç adet turboşaft motoru kullanılmaktadır.

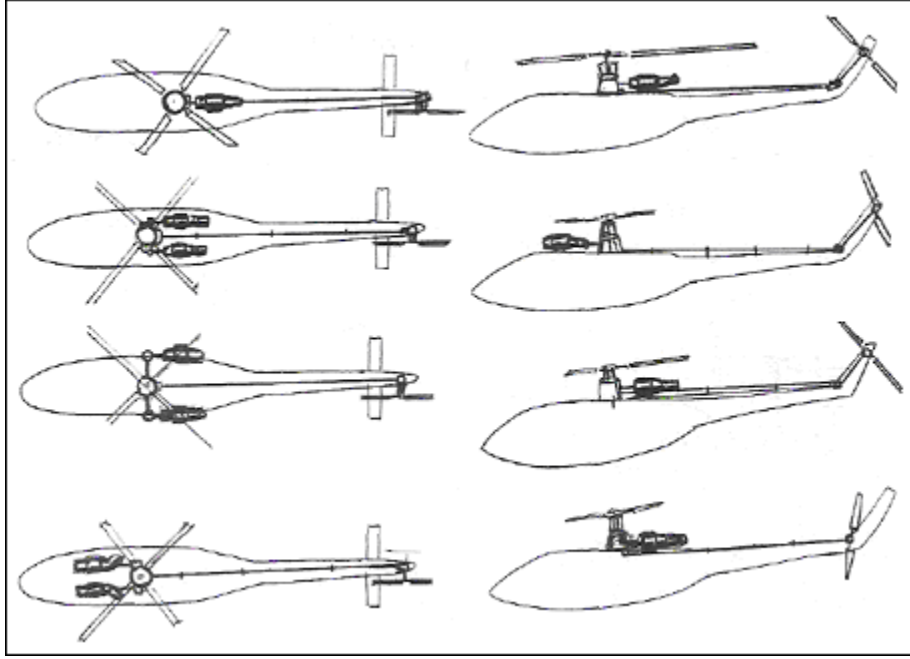


**Resim 5.2: Turboşaft motor**

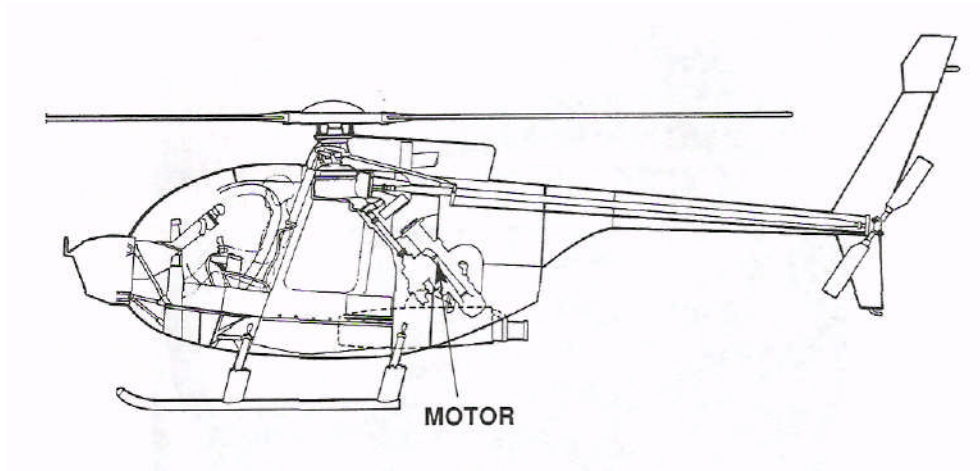
Çok motorlu helikopterlerdeki motorlar aynı dişli kutusuna güç verdikleri hâlde dişli kutularının özelliklerinden dolayı motorlardan bir veya ikisi (üç motorlularda) arıza yapsa bile kalan motor ana ve kuyruk palleri ile hidrolik ve elektrik sistemlerini çalıştıran aksesuar dişli kutusunu da döndürmeye devam edebilir.



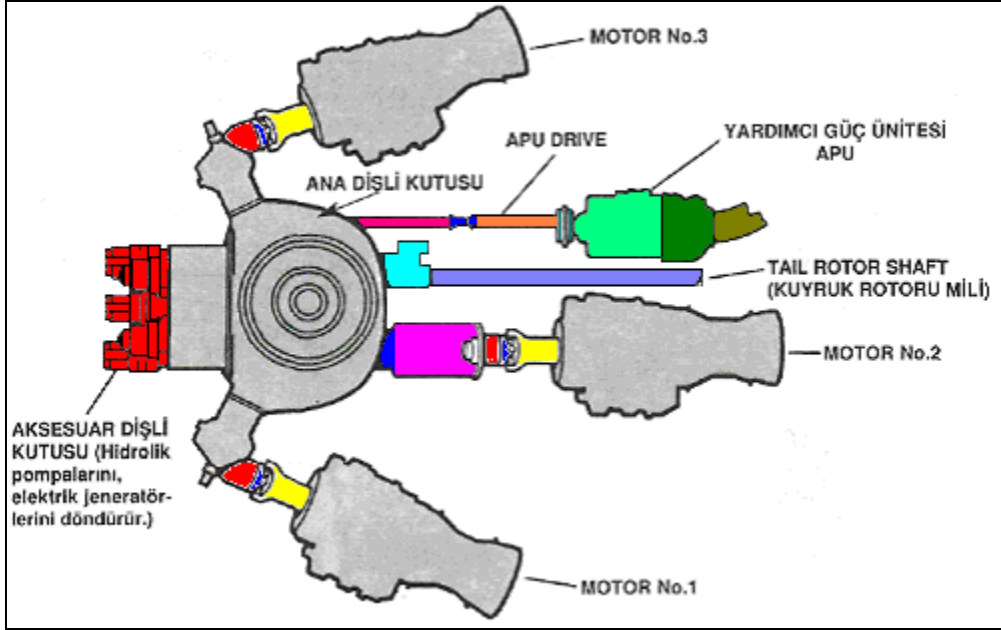
**Resim 5.3: İki motorlu Nh-92 helikopterinde motor yerleşimi**



**Şekil 5.1: Helikopterlerde değişik motor yerleşimleri**



**Şekil 5.2: Değişik bir motor yerleşimi**



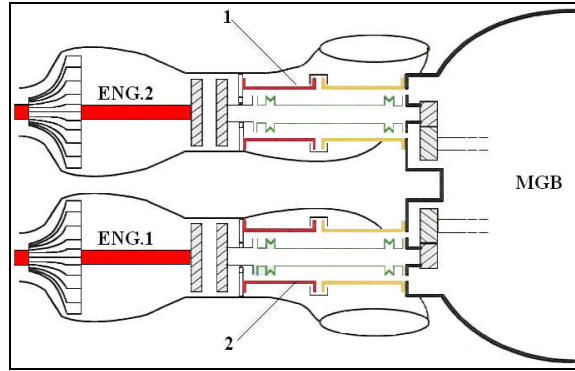
**Şekil 5.3: Üç motorlu bir helikopterde motor yerleşimi**

➤ Turboprop ve turboshaft

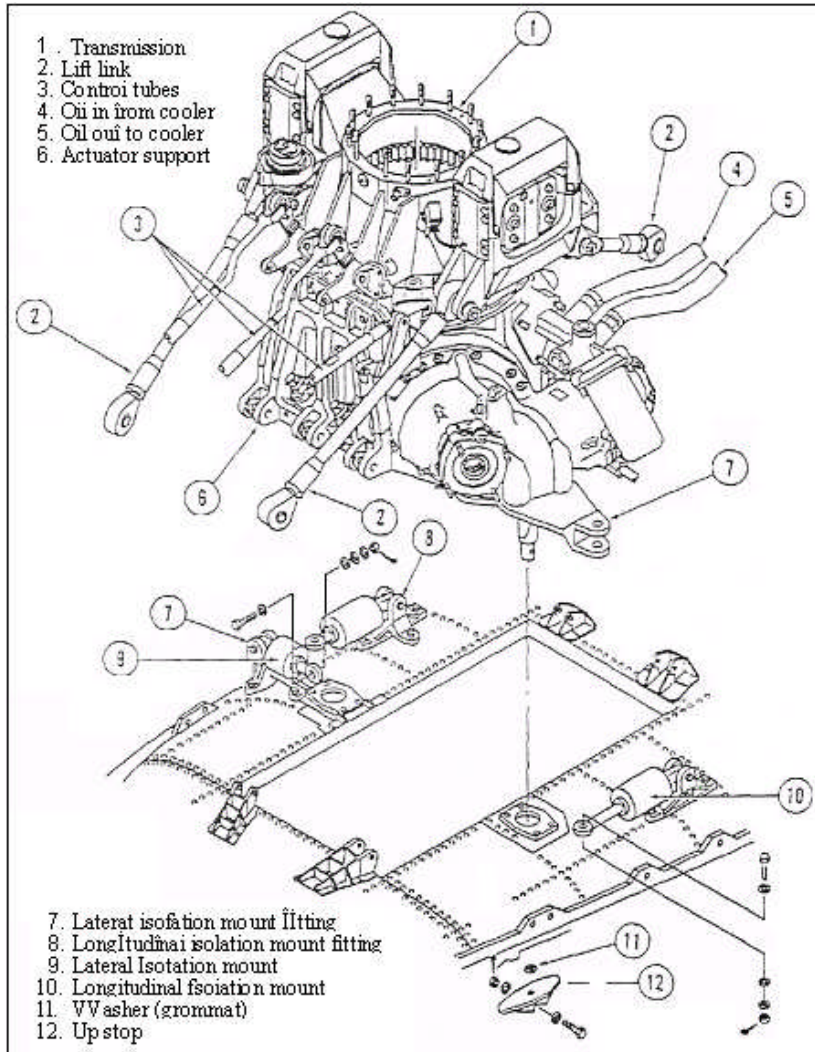
- Bir pervaneyi çeviren gaz üretici bir turboprop motorunu oluşturur.
- Türbinde gazın genişlemesi pervaneyi çevirmek için gerekli enerjiyi sağlar.
- Turboshaft motoru turbopropa benzemektedir. Ancak güç pervane yerine bir mile aktarılır.
- Turboshaft motoru helikopterlerde yaygın olarak kullanılır.
- Turboprobun sınırlamaları ve avantajları pervane ile aynıdır.
- Düşük hızlı uçuşta ve kısa kalkış alanlarında pervane daha başarılıdır.
- Ses hızına yaklaşan hızlarda sıkışabilirlik etkileri başlar ve pervane aerodinamik verimini yitirir. Bu durumda turbofan motor daha başarılıdır.

Transmisyon, gücünü motordan alan başta ana rotor olmak üzere hidrolik pompalar ve kuyruk rotoruna hareket veren bir mekanizmadır. Redüksiyon (güç aktarma) kısmı üç bölümden oluşur. Birinci bölüm sağ ve sol aotboard'a yerleştirilmiş helisel dişli set kutusu; ikinci bölüm, helisel kollektör dişli setten oluşur.

Üçüncü kısım taşınabilir dişli settir. Kuyruk rotoruna hareket veren shaft ikinci kademe tarafından çevrilir. Her bir hidrolik pompa sırasıyla freewheeling unit tarafından çalıştırılır. Ayrıca kollektör dişli set power off konumunda hidrolik pompalar için güç sağlar.



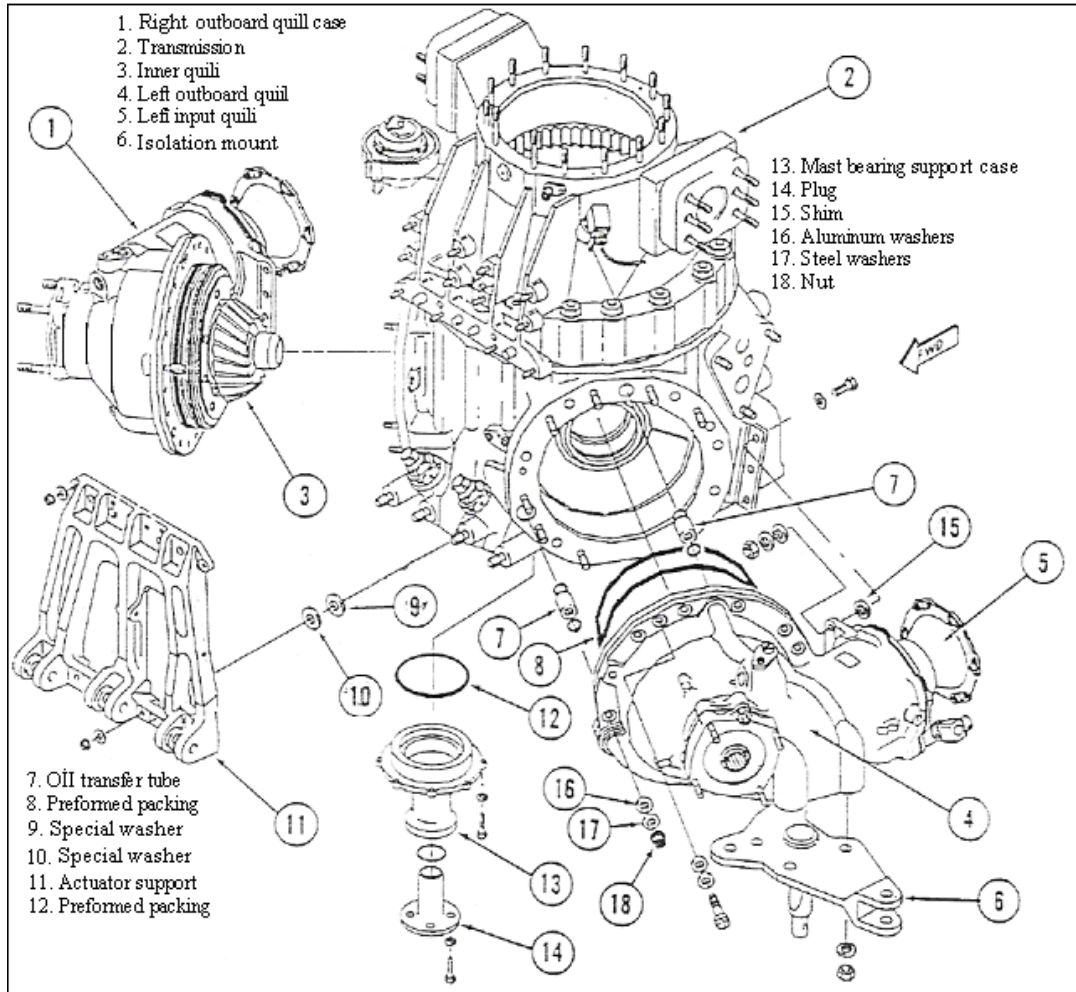
Şekil 5.4: Transmisyonun motor bağlantısı



Şekil 5.5: Transmisyon kabin bağlantılarının sökölmesi

Dişli gürültüleri planetary kademe içerisindeki yüksek kontak oranlı dişliler (high contact ratio gears ) vasıtasıyla en aza indirilmiştir. Driveshaft'a bağlı her bir motor normal uçuş şartları altında transmisyonu çalıştırır.

Çift motorlu helikopterlerdeki transmisyon, motorlardan herhangi birinin çalışmaması durumunda dahi görevini tam olarak yerine getirebilecek şekilde tasarlanmıştır (OEI- One Engine Inoperative). Bu tertibat (OEI) transmisyonun çift motordan güç alıyormuş gibi çalışmasını sağlar. Bu durum hafiflik ve randımanlı çalışmayı beraberinde getirir. Power plant (elektrik gücü) yaklaşık olarak % 20'lik bir yardımcı güç sağlar. Bu yardımcı güç yüksek irtifa ve yüksek çalışma sıcaklığını dengelemek için kullanılır.



**Şekil 5.6: Transmisyon bağlantılarının sökülmesi**

Transmisyon, dört link ile üst gövdeye (deck) montelenmiştir. Steel ball teflon lined bearingler, fluid isalatörlerle birlikte kabin içinde oluşan vibrasyonu azaltır. Ayrıca elastomerik bağlantılar ileri-geri, yanal pylon hareketlerine ve gücün korunmasına imkân sağlar. İleri-geri yanal stoplar transmisyon hareketini limitler. Ancak yanlış bağlantılar aşırı yüklenmeye yol açar. Transmisyon yağlama sistemi rezervuar, yağ pompası ve yağ

soğutucusundan ibarettir. Yağ soğutucusu basınçlı havayı her iki motordan temin ederken soğutulmuş hava motorlardan birinden sağlanır.

Main transmisyon hız kesici üç kademeye sahip bir dişli kutusudur. Motor gücü transmisyon içinde yüksek devirli shaft hızını (high rotational drive shaft speeds) azaltan, kontrol eden ve gücü iki ayrı yerde bulunan helisel kollektör dişli sete (spiral bevel collector gear set) ileten birbirinden bağımsız iki outboard drive guills tarafından kontrol edilir. Ana rotoru çeviren güç, ana rotor mast'ı çeviren ve devir hızının yeniden kısıtlandığı yer olan high ratio planetary gear set tarafından serbest bırakılır. Kuyruk rotorunu çeviren güç ise transmisyon merkezinin arkasına yerleştirilmiş tail rotor drive quill vasıtasıyla kollektör gear setten alınır.



## UYGULAMA FAALİYETİ

Transmisyonun bakımını yapınız.

| İşlem Basamakları                                               | Öneriler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ➤ Transmisyon bağlantılarını kontrol ediniz.                    | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çalışma alanının temiz, düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.</li><li>➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.</li><li>➤ Aircraft maintenance manuel'i (AMM) hazırlayınız.</li><li>➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.</li><li>➤ Bağlantılarınızı tekrar kontrol ediniz.</li></ul> |
| ➤ Transmisyon pervane, motor bağlantılarını sökünüz.            | ➤ Aircraft maintenance manuel'e (AMM) göre bağlantıları sökünüz.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ➤ Transmisyon kabin bağlantılarını sökünüz.                     | ➤ Gerekli bakım ve avadanlıklarla işlem yapınız.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ➤ Transmisyon parçalarını ve bağlantılarını sökünüz.            | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sökülen transmisyon sisteminin elemanlarını yerleştirmek için iş tezgâhını hazırlayınız.</li><li>➤ Çalışma alanında yangın tehlikesi oluşturacak herhangi bir cihazın çalışmadığından emin olunuz.</li></ul>                                                                                   |
| ➤ Transmisyon dişlilerini kontrol ediniz.                       | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ölçüm yapılacak parçaların temizliğine dikkat ediniz.</li><li>➤ Ölçü aletlerinin uygunluğunu kontrol ediniz.</li><li>➤ Kontroller sonunda AMM'e göre ölçüler dışındaki parçaları değiştiriniz.</li></ul>                                                                                       |
| ➤ Transmisyon yağını kontrol edin gerekiyorsa değiştiriniz.     | ➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ➤ Transmisyonun bakımını yaptıktan sonra tekrar yerine takınız. | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Parçaların son temizliğini yapınız.</li><li>➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.</li><li>➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.</li><li>➤ Sistemi basınçlandırarak kaçak kontrolü yapınız.</li></ul>                                                                   |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına ( X ) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

| Değerlendirme Ölçütleri                                               | Evet | Hayır |
|-----------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1. Güvenlik önlemlerini aldınız mı?                                   |      |       |
| 2. İşlem basamaklarını tespit ettiniz mi?                             |      |       |
| 3. Çalışma ortamının temiz ve düzenli olmasını sağladınız mı?         |      |       |
| 4. AMM (aircraft maintenance manuel)'yi hazırladınız mı?              |      |       |
| 5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?                    |      |       |
| 6. Transmisyon pervane, motor bağlantılarını söktünüz mü?             |      |       |
| 7. Transmisyon kabin bağlantılarını söktünüz mü?                      |      |       |
| 8. Transmisyon parçalarını ve bağlantılarını söktünüz mü?             |      |       |
| 9. Transmisyon dişlilerini kontrol ettiniz mi?                        |      |       |
| 10. Transmisyon yağını kontrol ettiniz mi?                            |      |       |
| 11. Transmisyonun bakımını yaptıktan sonra tekrar yerine taktınız mı? |      |       |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. ...., gücünü motordan alan, başta ana rotor olmak üzere, hidrolik pompalar ve kuyruk rotoruna hareket veren bir mekanizmadır.
2. Kuyruk rotoruna hareket veren shaft ..... kademe tarafından çevrilir.
3. ....transmisyonun çift motordan güç alıyormuş gibi çalışmasını sağlar.
4. Transmisyon yağlama sistemi ..... ve .....dan oluşur.
5. Transmisyon içinde yüksek devirli shaft hızını azaltan, kontrol eden helisel kollektör dişli sete ileten birbirinden bağımsız iki ..... kontrol eder.
6. Kollektör dişli set .....konumunda hidrolik pompalar için güç sağlar.
7. Yağ soğutucusu basınçlı havayı.....dan sağlanır.
8. Kuyruk rotorunu çeviren güç ise transmisyon merkezinin arkasına yerleştirilmiş tail rotor drive quill vasıtasıyla.....ten alınır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Uçakta teorik olarak tüm ağırlıkların toplandığı kabul edilen ve dengede tutabilen bir nokta mevcuttur. Bu nokta aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Pervane  
B) Motor  
C) Ağırlık merkezi  
D) Türbin
2. Uçaklarda dönen palelerin dönüş sırasında anormal titreşimler yapmaması için paller üretim sırasında ve üretimden sonra aşağıdakilerden hangisi yapılır?  
A) Hucum açısı ayarlanır.  
B) Kesit konum açısı ayarlanır.  
C) Alçak blade açısı ayarlanır.  
D) Statik ve dinamik olarak balans ayarı yapılır.
3. Rotorun gerçek dönüş devri yerden veya helikopterin içinden ne ile ölçülür?  
A) Stroboskop  
B) Osiloskop  
C) Komparator  
D) Mikrometre

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

4. .... pal uçlarının dönüş sırasında izlediği yolun düzgünlüğü için yapılan ayardır.
5. Rotor başı .....ve ..... bağlandığı yerdir.
6. Dönüş sırasında pal gövdesine çarpan cisimler, palde .....neden olur.
7. Pal dönmeden kendi ağırlığı ile aşağıya doğru ..... hareketi yapar.
8. Pervane kalkış rpm'nin %10' u kadar aşırı sürata maruz kalmışsa ..... muayene edilir.
9. Pervane kalkış rpm'nin kadar aşırı sürata maruz kalmışsa % ..... - % ..... arasında pervane revizyona tabi tutulur.
10. ...., gücünü motordan alan, başta ana rotor olmak üzere, hidrolik pompalar ve kuyruk rotoruna hareket veren bir mekanizmadır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | C |
| 2 | D |
| 3 | A |
| 4 | D |
| 5 | A |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | Rotor tracking                |
| 2 | Rotor şaft ve bıçağının       |
| 3 | Menteşe (veya esnek bölümler) |
| 4 | 6 feet                        |
| 5 | 1/8 inç                       |
| 6 | 1/4 inç                       |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

|   |                                           |
|---|-------------------------------------------|
| 1 | ezilme ve yırtılmaya                      |
| 2 | Flapping                                  |
| 3 | Röntgen                                   |
| 4 | Korozyon                                  |
| 5 | Elle zımparalama ve hafif kimyasal işleme |
| 6 | Elle zımparalama ve hafif mekanik kumlama |
| 7 | Kapsamlı mekanik kumlama ve taşlama       |
| 8 | Aktivitesine                              |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1 | gözle                 |
| 2 | %10-%20 %20'yi        |
| 3 | Epoxy resin           |
| 4 | 0,1 Xb Üç             |
| 5 | PD-680 Tip2 Solventle |
| 6 | Solventle MEK         |
| 7 | Kuru hava             |
| 8 | %90                   |

### ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

|   |                                          |
|---|------------------------------------------|
| 1 | Transmisyon                              |
| 2 | İkinci                                   |
| 3 | (OEI- One Engine Inoperative)            |
| 4 | Reservuar, yağ pompası ve yağ soğutucusu |
| 5 | Outboard drive guills                    |
| 6 | Power off                                |
| 7 | Motor                                    |
| 8 | Kollektör gear set                       |

### MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

|    |                         |
|----|-------------------------|
| 1  | C                       |
| 2  | D                       |
| 3  | A                       |
| 4  | Rotor tracking          |
| 5  | Rotor şaft ve bıçağının |
| 6  | ezilme ve yırtılmaya    |
| 7  | Flapping                |
| 8  | gözle                   |
| 9  | %10- %20                |
| 10 | Transmisyon             |

## KAYNAKÇA

- ŞAHİN Kaya, **Uçaklar ve Helikopterler**, İnkılâp Kitabevi, İstanbul, 1999.
- UYSAL Ali, **Temel Helikopter Teorisi**, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2004.
- BALKAN Demet, **Döner Kanatlı Hava Araçlarının Aerodinamik Performansının Değerlendirilmesi**, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004.
- ÇINAR Cavit, **Helikopter Aerodinamiği ve Rotor Etrafındaki Akımın Sayısal İncelenmesi**, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2003.
- [www.havacilik.gen.tr](http://www.havacilik.gen.tr) (25.08.2011/ 13.00)
- [www.faa.gov.tr](http://www.faa.gov.tr) (26.08.2011/ 12.00)